

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-278279

(43)Date of publication of application : 22.10.1996

(51)Int.Cl.

G01N 27/409

F02D 41/14

G01N 27/12

G01N 27/41

(21)Application number : 07-062746

(71)Applicant : NIPPONDENSO CO LTD

(22)Date of filing : 22.03.1995

(72)Inventor : YAMASHITA YUKIHIRO  
SUZUMURA HISAHIRO  
ISOMURA SHIGENORI  
MIZOGUCHI ASAMICHI  
HASEGAWA JUN

(30)Priority

Priority number : 06184847

Priority date : 05.08.1994

Priority country : JP

06320623

22.12.1994

07 22503

10.02.1995

JP

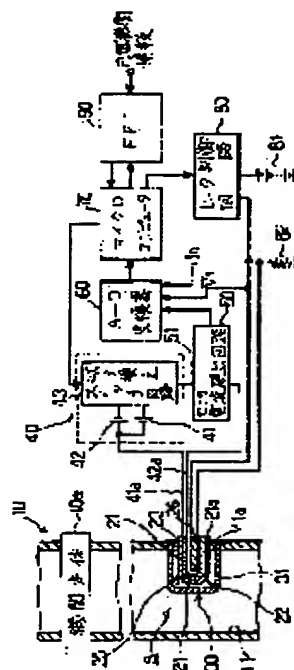
JP

## (54) HEATER CONTROLLER OF OXYGEN SENSOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To rapidly and properly activate an oxygen sensor without having a heater disconnection.

CONSTITUTION: A heater control circuit 80 is totally switched on with a duty ratio of 100% by a microcomputer 70 and a total power is supplied to the heater 26 from a battery 81 until the resistance of the heater 26 reaches a specific initial value corresponding to a specific temperature from the start energization of the heater 26. When the heater temperature reaches the initial value, the duty of the heater control circuit 80 is feedback-controlled by the microcomputer 70 so that the heater temperature reaches a target value until the internal resistance of an oxygen sensor S reaches a target temperature. Further, after the internal resistance of the oxygen sensor S reaches the target temperature, the duty of the heater control circuit 80 is feedback-controlled by the microcomputer 70 so that the element temperature of the oxygen sensor S reaches the target value.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

01.10.2001

**This Page Blank (uspto)**

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3487009

[Date of registration] 31.10.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

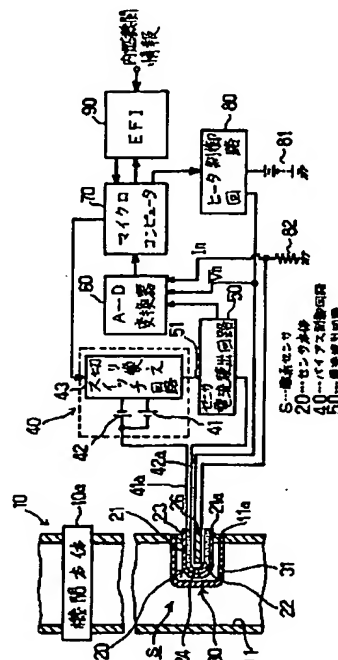
**This Page Blank (uspto)**

(11)特許出願公開番号

(43)公開日 平成8年(1996)10月22日

審査請求 未請求 請求項の数37 O.L (全 43 頁)

最終頁に続く



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 酸素センサの素子温を検出する素子温検出手段と、

前記酸素センサを加熱するヒータと、

前記ヒータの温度を検出するヒータ温度検出手段と、

前記ヒータへの通電を開始してから前記ヒータの温度が初期加熱温度に達するまで前記ヒータに電源より全電力近傍の電力を供給する全電力供給手段と、

前記全電力供給手段による前記ヒータの加熱により前記ヒータの温度が前記初期加熱温度に達すると前記ヒータ温検出手段により検出されたヒータ温に応じて前記ヒータへの通電を制御するヒータ温応動通電制御手段と、

前記ヒータ温応動通電制御手段による前記ヒータの加熱により前記素子温検出手段により検出された前記素子温が所定値に達すると、前記素子温検出手段により検出された前記素子温に応じて前記前記ヒータへの通電を制御する素子温応動通電制御手段とを備える酸素センサのヒータ制御装置。

【請求項2】 酸素センサを加熱するヒータを制御する方法であって、以下のステップを備える。前記ヒータへの通電を開始してから前記ヒータの温度が限界耐熱温度より若干低い値に設定した設定値に達するまで前記ヒータに全電力近傍の電力を供給する第1ステップ、前記第1ステップの実行により前記ヒータの温度が前記設定値に達すると、前記ヒータの温度が前記設定値に対応する温度になるように前記ヒータへの通電を制御する第2ステップ、

及び前記第2ステップの実行により前記酸素センサの素子温が目標値に達すると前記酸素センサの素子温度が目標値になるように前記ヒータへの通電をフィードバック制御する第3のステップ。

【請求項3】 前記全電力供給手段は、前記ヒータに前記電源より100%の電圧を供給する手段を含み、前記ヒータ温応動通電制御手段は、前記ヒータ温検出手段により検出された前記ヒータ温が所定値になるように前記電源より前記ヒータに供給される電力をフィードバック制御するヒータ温フィードバック制御手段を含む請求項1記載の酸素センサのヒータ制御装置。

【請求項4】 前記素子温検出手段は、前記酸素センサの内部抵抗を前記素子温に相当する値として検出する手段よりなる請求項1または3記載の酸素センサのヒータ制御装置。

【請求項5】 前記ヒータに印加される電圧を検出するヒータ電圧検出手段をさらに備え、

前記全電力供給手段は、前記ヒータに前記電源より100%の電圧を供給する手段を含み、

前記ヒータ温検出手段は、前記ヒータに流れる電流を検出するヒータ電流検出手段よりなり、

前記ヒータ温応動通電制御手段は、前記ヒータ電流検出手段により検出した前記ヒータ電流と前記ヒータ電圧検

出手段により検出した前記ヒータ電圧とに応じて、前記ヒータへの供給電力を所定の値に定電力制御するヒータ定電力制御手段よりなる請求項1記載の酸素センサのヒータ制御装置。

【請求項6】 酸素センサの内部抵抗を検出する素子抵抗検出手段と、

前記酸素センサを加熱するヒータと、

前記ヒータに流れる電流を検出するヒータ電流検出手段と、

前記ヒータに印加される電圧を検出するヒータ電圧検出手段と、

前記ヒータへの通電を開始してから前記ヒータの温度が初期加熱温度に達するまで前記ヒータに電源より全電力近傍の電力を供給する全電力供給手段と、

前記全電力供給手段による前記ヒータの加熱により前記ヒータの温度が前記初期加熱温度に達すると前記ヒータ電流検出手段により検出されたヒータ電流と前記ヒータ電圧検出手段により検出されたヒータ電圧とに応じて所定の定電力になるように前記ヒータへの供給電力を制御するヒータ定電力制御手段と、

前記ヒータ定電力制御手段による前記ヒータの加熱により前記素子抵抗検出手段により検出された前記素子抵抗が所定の素子温に対応する所定値に達すると、前記素子抵抗検出手段により検出された前記素子の内部抵抗に応じて前記ヒータへの通電を制御する素子温応動通電制御手段とを備える酸素センサのヒータ制御装置。

【請求項7】 前記全電力供給手段は、前記ヒータ温検出手段により検出したヒータ温が前記初期加熱温度に達するのを検出する初期加熱温度検出手段を含む請求項1、3～6のうちいずれか1つに記載の酸素センサのヒータ制御装置。

【請求項8】 前記全電力供給手段は、前記ヒータへの通電を開始してから前記ヒータ温が前記初期加熱温度に達するのに対応する時間の経過を検出するタイマー手段を含む請求項1、3～6のうちいずれか1つに記載の酸素センサのヒータ制御装置。

【請求項9】 前記素子温応動通電制御手段は、前記酸素センサの素子温が目標値になるように前記ヒータに供給される電力をフィードバック制御する手段を含む請求項1、3～8のうちいずれか1つに記載の酸素センサのヒータ制御装置。

【請求項10】 前記ヒータの初期加熱温度は、前記素子温の目標値より高く、かつ前記ヒータの限界耐熱温度より低い値に設定されている請求項9に記載の酸素センサのヒータ制御装置。

【請求項11】 前記素子温応動通電制御手段による、フィードバック制御実行中において、前記酸素センサの素子温が前記目標値より所定限界値以上低くなると前記素子温応動通電制御手段による、フィードバック制御の実行を中断して前記ヒータ温応動通電制御手段による制

御を再開する素子温フィードバック中断手段をさらに備える請求項9または10記載の酸素センサのヒータ制御装置。

【請求項12】 前記酸素センサの素子温が限界耐熱温度に対応した値に達すると直ちに前記ヒータへの電圧印加を中止する素子温応動電圧印加中止手段をさらに備える請求項1、3～11のうちいずれか1つに記載の酸素センサのヒータ制御装置。

【請求項13】 前記ヒータの温度が限界耐熱温度に対応した値に達すると直ちに前記ヒータへの電圧印加を中止するヒータ温応動電圧印加中止手段をさらに備える請求項1、3～12のうちいずれか1つに記載の酸素センサのヒータ制御装置。

【請求項14】 前記ヒータ定電力制御手段は、前記ヒータに供給される電圧をデューティ制御することにより前記ヒータへの供給電力を制御する手段を含み、前記ヒータの温度が限界耐熱温度に対応した値に達すると前記ヒータ定電力制御手段により制御される前記デューティを急減するデューティ急減手段をさらに備える請求項5または6に記載の酸素センサのヒータ制御装置。

【請求項15】 前記ヒータ定電力制御手段は、前記全電力供給手段による前記ヒータの加熱により前記ヒータの温度が前記初期加熱温度に達した直後に前記ヒータに対して比較的小さな初期デューティを設定する初期デューティ設定手段と、前記初期デューティ設定手段により設定された初期デューティによる前記ヒータの供給電力を目標電力に徐々に近づけるようにデューティを漸増させるデューティ漸増手段とを含む請求項5または6または14に記載の酸素センサのヒータ制御装置。

【請求項16】 前記酸素センサは内燃機関の排気経路に備えられ、前記ヒータ温度検出手段は、内燃機関の回転数、吸気管圧力と吸入空気量とのいずれか一方、ヒータ電圧及びヒータ電流から前記ヒータの温度を推定するヒータ温度推定手段を含む請求項1に記載の酸素センサのヒータ制御装置。

【請求項17】 前記ヒータ温度推定手段は、内燃機関の定常状態でのヒータ温度を、前記回転数、前記吸気管圧力と吸入空気量とのいずれか一方、前記ヒータ電圧及び前記ヒータ電流から一義的に決定する定常時ヒータ温度推定手段を含む請求項16に記載の酸素センサのヒータ制御装置。

【請求項18】 前記ヒータ温度推定手段は、内燃機関の定常状態でのヒータ温度を、前記回転数、前記吸気管圧力と吸入空気量とのいずれか一方、前記ヒータ電圧及び前記ヒータ電流から一義的に決定する定常時ヒータ温度決定手段と、内燃機関過渡時の時定数を、前記回転数と吸気管圧力と吸入空気量とのいずれか一方とで一義的に決定する時定数決定手段と、前記定常状態でのヒータ

温度と前記過渡時の時定数とを用いて前記ヒータの温度を演算するヒータ温度決定手段とを含む請求項16に記載の酸素センサのヒータ制御装置。

【請求項19】 前記時定数決定手段は、前記回転数および、吸気管圧力と吸入空気量とのいずれか一方の変化に対する時定数と、前記ヒータへの供給電力変化に対する時定数との2つを持つ請求項18に記載の酸素センサのヒータ制御装置。

【請求項20】 前記ヒータ温度推定手段により推定されたヒータ温度より目標ヒータ抵抗値を算出する目標抵抗値算出手段と、前記ヒータ電圧及び前記ヒータ電流によりヒータ抵抗を求めるヒータ抵抗演算手段とをさらに備え、

前記ヒータ温応動通電制御手段は、前記ヒータ抵抗演算手段により求められた前記ヒータ温が前記目標ヒータ抵抗値になるように、前記電源より前記ヒータに供給される電力をフィードバック制御するヒータ温フィードバック制御手段を含む請求項16～19のうちいずれか1つに記載の酸素センサのヒータ制御装置。

【請求項21】 前記ヒータ温応動通電制御手段は、ヒータ電流とヒータ電圧とに応じて前記ヒータへの供給電力を所定の値に制御する電力制御手段よりなり、前記電力制御手段は、前記酸素センサの内部抵抗が素子温に相当する値として検出可能な領域では前記ヒータに対し一定の電力を供給する一定電力供給手段と、前記酸素センサの内部抵抗が素子温に相当する値として検出可能な領域になると前記ヒータに対し前記素子温に応じた電力を供給する素子温応動電力供給手段とを含む請求項4に記載の酸素センサのヒータ制御装置。

【請求項22】 前記全電力供給手段による制御から前記電力制御手段による制御への切り換えの判定に、前記ヒータへの通電開始時のヒータ温に基づいて、前記ヒータへの通電開始からの経過時間と前記ヒータの抵抗値とのいずれかを選択的に使用する判定手段を備える請求項20に記載の酸素センサのヒータ制御装置。

【請求項23】 酸素センサの素子温を検出する素子温検出手段と、

酸素センサを加熱するヒータと、

前記ヒータへの通電を開始してから前記ヒータの温度が初期加熱温度に達するまで前記ヒータに電源より全電力近傍の電力を供給する全電力供給手段と、

前記全電力供給手段による前記ヒータの加熱により前記ヒータの温度が前記初期加熱温度に達すると、ヒータ温度が所定温度を保つ様に前記素子温検出手段の検出した素子温に応じた電力を前記ヒータに供給する素子温応動電力供給手段と、

前記素子温応動電力供給手段による前記ヒータ加熱により、前記素子温検出手段により検出された前記素子温が所定値に達すると、前記素子温検出手段により検出された前記素子温に応じて前記ヒータへの通電を制御する素

10

20

30

40

50

子温応動通電制御手段とを備える酸素センサのヒータ制御装置。

【請求項 2 4】 前記ヒータの温度が前記初期加熱温度になるのに対応する前記ヒータへの目標積算供給電力を設定する目標積算電力設定手段と、  
前記ヒータへの実供給電力積算値を算出する実積算電力算出手段と、  
前記ヒータへの通電を開始してから前記実積算電力算出手段により算出された実供給電力積算値が前記目標積算電力設定手段により設定された目標積算供給電力に達すると、前記初期加熱温度に達したと判断する積算電力到達判断手段とを備える請求項 1、3～2 3 のうちいずれか 1 つに記載の酸素センサのヒータ制御装置。

【請求項 2 5】 酸素センサを加熱するヒータと、  
前記ヒータの温度が初期加熱温度になるのに対応する前記ヒータへの目標積算供給電力を設定する目標積算電力設定手段と、  
前記ヒータへの実供給電力積算値を算出する実積算電力算出手段と、  
前記ヒータへの通電を開始してから前記実積算電力算出手段により算出された実供給電力積算値が前記目標積算電力設定手段により設定された目標積算供給電力に達したかを判断する積算電力到達判断手段と、  
前記ヒータへの通電を開始してから前記積算電力到達判断手段によって前記実供給電力積算値が前記目標積算供給電力に達したのが判断されるまで前記ヒータに電源より全電力近傍の電力を供給する全電力供給手段と、  
前記全電力供給手段による前記ヒータの加熱により前記積算電力到達判断手段によって前記実供給電力積算値が前記目標積算供給電力に達したのが判断されると、ヒータ温度が所定温度になる様に前記ヒータに供給される電力を制御する電力制御手段とを備える酸素センサのヒータ制御装置。

【請求項 2 6】 酸素センサの素子温を検出する素子温検出手段を備え、前記電力制御手段は、前記ヒータ温度が所定温度を保つ様に前記素子温検出手段の検出した素子温に応じた電力を前記ヒータに供給する素子温応動電力供給手段を含む請求項 2 5 記載の酸素センサのヒータ制御装置。

【請求項 2 7】 前記ヒータの内部抵抗値をヒータ温度として検出するヒータ抵抗値検出手段を備え、前記目標積算電力供給手段の目標積算供給電力は、前記ヒータ抵抗値検出手段により検出された前記ヒータの初期抵抗値に応じて設定される請求項 2 5 または 2 6 記載の酸素センサのヒータ制御装置。

【請求項 2 8】 前記電力制御手段より前記ヒータに供給される電力を制御している時における前記ヒータ抵抗値検出手段により検出されたヒータ抵抗値を学習するヒータ抵抗学習手段と、

このヒータ抵抗学習手段により学習されたヒータ抵抗学

習値より前記ヒータ抵抗値検出手段により検出されたヒータ抵抗の方が大きいかな否かを判断するヒータ抵抗値判断手段とを備え、

前記ヒータ抵抗値判断手段によって前記ヒータ抵抗学習値より前記ヒータ抵抗の方が大きくなったのが判断され、かつ前記積算電力到達判断手段によって前記実供給電力積算値が前記目標積算供給電力に達したのが判断されると、前記ヒータに対する電力供給を前記全電力供給手段手段から前記電力制御手段に切換える請求項 2 7 記載の酸素センサのヒータ制御装置。

【請求項 2 9】 前記電力制御手段による前記ヒータの加熱により、前記素子温検出手段により検出された前記素子温が所定値に達すると、前記素子温が所定温度を保つ様に前記酸素センサの素子温に応じて前記ヒータへの通電を制御する素子温応動通電制御手段を備える請求項 2 8 に記載の酸素センサのヒータ制御装置。

【請求項 3 0】 前記素子温応動通電制御手段により前記ヒータへの通電を制御している時に、前記ヒータ抵抗値検出手段により検出されたヒータ抵抗値が前記ヒータ抵抗学習手段により学習されたヒータ抵抗学習値に応じて設定された上限値以上の時、前記ヒータへの通電を制限する電力制限手段をさらに備える請求項 2 9 に記載の酸素センサのヒータ制御装置。

【請求項 3 1】 前記ヒータ抵抗学習手段は、前記素子温が所定値に達して前記ヒータへの通電を前記電力制御手段より前記素子温応動通電制御手段へと切換える時における前記ヒータ抵抗値検出手段により検出されたヒータ抵抗値を学習する請求項 2 9 または 3 0 記載の酸素センサのヒータ制御装置。

【請求項 3 2】 前記素子温検出手段は、前記酸素センサの内部抵抗を前記素子温に相当する値として検出する手段よりなる請求項 2 6～3 1 のうちいずれか 1 つに記載の酸素センサのヒータ制御装置。

【請求項 3 3】 前記酸素センサの初期素子温を検出する初期素子温検出手段を備え、前記目標積算電力供給手段の目標積算供給電力は、前記初期素子温検出手段により検出された前記ヒータの初期素子温に応じて設定される請求項 2 4～3 2 のうちいずれか 1 つに記載の酸素センサのヒータ制御装置。

【請求項 3 4】 前記酸素センサの初期素子温を検出する初期素子温検出手段を備え、前記初期素子温検出手段により検出された前記ヒータの初期素子温が所定値以上のときには前記全電力供給手段による前記ヒータへの全電力の供給を禁止する全電力供給禁止手段を備える請求項 2 4～3 2 のうちいずれか 1 つに記載の酸素センサのヒータ制御装置。

【請求項 3 5】 前記ヒータ温度と前記酸素センサの素子温と前記全電力供給手段による前記ヒータへの全電力の供給時間と前記ヒータへの印加電圧との少なくとも 1 つに応じて前記目標積算電力供給手段により設定された



目標積算供給電力を補正する目標積算供給電力補正手段を備える請求項24～34のうちいずれか1つに記載の酸素センサのヒータ制御装置。

【請求項36】 前記目標積算供給電力補正手段は、前記ヒータ温度と前記酸素センサの素子温との差と前記全電力供給手段による前記ヒータへの全電力の供給時間とに応じて前記目標積算供給電力を補正する請求項35に記載の酸素センサのヒータ制御装置。

【請求項37】 前記目標積算供給電力補正手段は、前記ヒータへの印加電圧と前記全電力供給手段による前記ヒータへの全電力の供給時間とに応じて前記目標積算供給電力を補正する請求項35または36に記載の酸素センサのヒータ制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は内燃機関の排気ガス中の空燃比、即ち酸素濃度を検出する酸素センサのヒータの加熱を制御する装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、この種においては、例えば、特開昭61-132851号公報に示されているように、限界電流式酸素センサの内部抵抗やヒータの抵抗値が温度に応じて変化することに着目し、内燃機関の運転条件により決まる電力をヒータに供給すると共に、酸素センサの内部抵抗や、ヒータの抵抗値に応じてヒータへの供給電力を補正するものがある。

【0003】 また、例えば、特開昭63-249046号公報に示されているように、ヒータへの通電を開始してから酸素センサの内部抵抗やヒータの抵抗値が所定温度に対応する所定値になるまで、電源よりヒータに全電力を供給し、その後、センサの内部抵抗が所定温度に対応する所定値になるように、ヒータへの供給電力を制御するものがある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上述した従来の前者のものでは、通電初期にヒータに供給される電力は、過剰電力にならないように設定されているので、短時間でセンサを活性状態にすることができないという問題があった。また、上述した従来の後者のものでは、通電初期には、ヒータに全電力が供給されるものの、センサの内部抵抗が所定値になるまでヒータに全電力を供給すると、ヒータが断線するなどにより耐久性が低下する恐れがあり、また、ヒータの抵抗値が所定値になるまでヒータに全電力を供給すると、排気ガス温度等の周囲環境の影響を受けて、素子温が高くなり過ぎたり、低くなり過ぎたりして通電初期の素子温制御が不十分になりやすいという問題があった。

【0005】 そこで、本発明は、このようなことに対処すべく、ヒータの断線を防止して耐久性を向上しつつ、通電初期の素子温度制御を良好に行って、短時間で

センサを活性状態にすることを目的とするものである。  
【0006】

【課題を解決するための手段】 上記課題の解決にあたり、本発明においては、図1に示すごとく、酸素センサの素子温を検出する素子温検出手段と、前記酸素センサを加熱するヒータと、前記ヒータの温度を検出するヒータ温度検出手段と、前記ヒータへの通電を開始してから前記ヒータの温度が初期加熱温度に達するまで前記ヒータに電源より全電力近傍の電力を供給する全電力供給手段と、前記全電力供給手段による前記ヒータの加熱により前記ヒータの温度が前記初期加熱温度に達すると前記ヒータ温度検出手段により検出されたヒータ温に応じて前記ヒータへの通電を制御するヒータ温応動通電制御手段と、前記ヒータ温応動通電制御手段による前記ヒータの加熱により前記素子温検出手段により検出された前記素子温が所定値に達すると、前記素子温検出手段により検出された前記素子温に応じて前記前記ヒータへの通電を制御する素子温応動通電制御手段とを備える酸素濃度センサのヒータ制御装置を提供するものである。

【0007】

【作用】 このように本発明を構成したことにより、ヒータへの通電を開始してからヒータの温度が初期加熱温度に達するまで全電力供給手段によりヒータに全電力近傍の電力を供給し、その後、ヒータの温度が初期加熱温度に達すると、ヒータの温度に応じてヒータ温応動通電制御手段によりヒータへの通電を制御し、その後、酸素センサの素子温が所定値に達すると素子温に応じて素子温応動通電制御手段によりヒータへの通電を制御する。

【0008】

【実施例】

【第1実施例】 以下、本発明の第1実施例を図面により説明すると、図2は自動車に搭載される、内燃機関10に適用された酸素濃度判定装置の一例を示している。酸素濃度判定装置は、限界電流式酸素センサSを備えており、この酸素センサSは、内燃機関10の機関本体10aから延出する排気管11内に取り付けられている。酸素センサSは、センサ本体20と、断面コ字状のカバー30とによって構成されており、センサ本体20は、その基端部にて、排気管11の周壁の一部に穿設した取り付け穴部11a内に嵌着されて、同排気管11の内部に向け延出している。

【0009】 センサ本体20は、断面カップ状の拡散抵抗層21を有しており、この拡散抵抗層21は、その開口端部21aにて、排気管11の取り付け穴部11a内に嵌着されている。拡散抵抗層21は、ZrO<sub>2</sub>等のプラズマ溶射法等により形成されている。また、センサ本体20は、固体電解質層22を有しており、この固体電解質層22は、酸素イオン伝導性酸化物焼結体により断面カップ状に形成されて、断面カップ状の排気ガス側電極層23を介し抵抗拡散層21の内周壁に一樣に嵌着さ

れており、この固体電解質層22の内表面には、大気側電極層24が断面カップ状に様に固着されている。かかる場合、排気側電極層23及び大気側電極層24は、共に、白金等の触媒活性の高い貴金属を化学メッキ等により十分ポーラスに形成されている。また、排気ガス側電極層23の面積及び厚さは、 $10 \sim 100 \text{ mm}^2$ 及び $0.5 \sim 2.0 \mu$ 程度となっており、一方、大気側電極層24の面積及び厚さは、 $10 \text{ mm}^2$ 以上及び $0.5 \sim 2.0 \mu$ 程度となっている。

【0010】このように構成したセンサ本体20は、理論空燃比点にて濃淡起電力を発生し、理論空燃比点よりリーン領域の酸素濃度に応じた限界電流を発生する。かかる場合、酸素濃度に対応する限界電流は、排気ガス側電極層23の面積、拡散抵抗層21の厚さ、気孔率及び平均孔径により決まる。また、このセンサ本体20は酸素濃度を直線的特性にて検出し得るものであるが、このセンサ本体20を活性化するのに約 $650^\circ\text{C}$ 以上の高温が必要とされるとともに、同センサ本体20の活性温度範囲が狭いため、内燃機関の排気ガスのみによる加熱では活性領域を制御できない。このため、後述するヒータ26の加熱制御を活用する。なお、理論空燃比よりもリッチ側の領域では、未燃ガスである一酸化炭素(CO)の濃度が空燃比に対してほぼリニアに変化して、これに応じた限界電流が発生する。

【0011】ここで、センサ本体20の温度をパラメータとする同センサ本体20の電圧-電流特性について説明すると、この電流-電圧特性は、酸素センサSの検出酸素濃度(空燃比)に比例するセンサ本体20の固体電解質層22への流入電流と同固体電解質層22への印加電圧との関係が直線的であることを示す。そして、センサ本体20が温度 $T = T_1$ にて活性状態にあるとき、図3(B)にて実線により示すとき特性グラフL1でもって安定した状態を示す。かかる場合、特性グラフL1の電圧軸Vに平行な直線部分がセンサ本体20の限界電流を特定する。そして、この限界電流の増減は、空燃比の減増(即ち、リーン・リッチ)に対応する。また、センサ本体20の温度Tが $T_1$ よりも低い $T_2$ にあるとき、電流-電圧特性は、図3(B)の破線により示すとき特性グラフL2でもって特定される。かかる場合、特性グラフL2の電圧軸Vに平行な直線部分が $T = T_2$ におけるセンサ本体20の限界電流を特定するもので、この限界電流は、特性グラフL1による限界電流とほぼ一致している。

【0012】そして、特性グラフL1において、センサ本体20の固体電解質層22に正の印加電圧 $V_{\text{pos}}$ を印加すれば、センサ本体20に流れる電流が限界電流 $I_{\text{pos}}$ (図3(B)にて点P1参照)となる。また、センサ本体20の固体電解質層22に負の印加電圧 $V_{\text{neg}}$ を印加すれば、センサ本体20に流れる電流が、酸素濃度に依存せず温度のみに比例する点P2で特定される負の温

度電流 $I_{\text{neg}}$ となる。

【0013】また、センサ本体20は、ヒータ26を有しており、このヒータ26は、大気側電極層24内に収容されて、その発熱エネルギーにより、大気側電極層24、固体電解質層22、排気ガス側電極層23及び拡散抵抗層21を加熱する。かかる場合、ヒータ26は、センサ本体20を活性化するに十分な発熱容量を有する。カバー30は、センサ本体20を覆蓋して、その開口部にて、排気管11の周壁の一部に嵌着されており、このカバー30の周壁の一部には、小孔31が、カバー30の外部を同カバー30の内部と連通させるべく、穿設されている。これにより、カバー30は、センサ本体20の排気ガスとの直接接点防止しつつ、同センサ本体20の保温を確保する。

【0014】また、酸素濃度判定装置は、図2にて示すごとく、バイアス制御回路40を備えており、このバイアス制御回路40は、正バイアス用直流電源41、負バイアス用直流電源42及び切り換えスイッチ回路43によって構成されている。直流電源41は、その負側電極にて、導線41aを介し排気ガス側電極層23の一端に接続されており、一方、直流電源42は、その正側電極にて、導線41aを介し排気ガス側電極層23の一端に接続されている。切り換えスイッチ回路43は、その第1切り換え状態にて、直流電源41の正側電極のみを電流検出回路50の入力端子51に接続し、一方、その第2切り換え状態にて、直流電源42の負側電極のみを電流検出回路50の入力端子51に接続するようになっており、入力端子51から電流検出回路50を介しさらに導線42aを介して大気側電極層24に接続されている。従って、切り換えスイッチ回路43が第1切り換え状態にあるとき、直流電源41が固体電解質層22を正バイアスし同固体電解質層22に電流を正方向に流す。一方、切り換えスイッチ回路43が第2切り換え状態にあるとき、直流電源42が固体電解質層22を負バイアスし同固体電解質層22に電流を負方向に流す。かかる場合、各直流電源41、42の端子電圧は、上述の印加電圧 $V_{\text{pos}}$ 及び $V_{\text{neg}}$ にそれぞれ相当する。

【0015】電流検出回路50は、センサ本体20の大気側電極層24から切り換えスイッチ回路43へ流れる電流又はその逆方向へ流れる電流、つまり、固体電解質層22を流れる電流を、図示せぬ電流検出抵抗により検出し、A-D変換器60に出力する。このA-D変換器60は、電流検出回路50からの検出電流、ヒータ26の印加電圧 $V_n$ 及びヒータ26に流れる電流 $I_n$ をディジタル変換してマイクロコンピュータ70に出力する。マイクロコンピュータ70は、図示せぬCPU、ROM、RAM等により構成されていて、コンピュータプログラムを、A-D変換器60との協働により実行し、この実行中において、バイアス制御回路40、ヒータ制御回路80及び燃料噴射制御装置(以下、EFIという)

90を駆動制御するに必要な演算処理を行う。但し、上述のコンピュータプログラムはマイクロコンピュータ70のROMに予め記憶されている。

【0016】また、ヒータ制御回路80は、マイクロコンピュータ70による制御のもとに、酸素センサSの素子温やヒータ26の温度に応じて、電源をなすバッテリー81よりヒータ26に供給される電力をオン、オフ並びに、デューティ制御することによりヒータ26の加熱制御を行う。また、ヒータ26に流れる電流 $I_n$ は電流検出抵抗82により検出されて、A-D変換器60に供給される。なお、EFI90は、マイクロコンピュータ70による制御のもとに、内燃機関10の排気ガス量（空燃比）、回転数、吸入空気流量、吸気管負圧や冷却水温等の内燃機関情報に応じて燃料噴射制御を行う。

【0017】図38はバイアス制御回路40部分の具体電気回路構成を示すもので、基準電圧回路44は定電圧 $V_{cc}$ を各分圧抵抗44a、44bにより分圧して一定の基準電圧 $V_a$ を作成する。第1電圧供給回路45は基準電圧回路44の基準電圧 $V_a$ と同じ電圧 $V_a$ を酸素センサSの一方の端子（大気側電極層24に接続される導線42a）に供給するためのもので、負側入力端子が各分圧抵抗44a、44bの分圧点に接続され正側入力端子が酸素センサSの一方の端子に接続された演算増幅器45aと、演算増幅器45aの出力端子に一端が接続された抵抗45bと、この抵抗45bの他端にそれぞれベースが接続されたNPNトランジスタ45c及びPNPトランジスタ45dとにより構成されている。

【0018】そして、NPNトランジスタ45cのコレクタは定電圧 $V_{cc}$ に接続されエミッタは電流検出回路50を構成する電流検出抵抗50aを介して酸素センサSの一方の端子に接続され、PNPトランジスタ45dのエミッタはNPNトランジスタ45cのエミッタに接続されコレクタはアースされている。D-A変換器46はマイクロコンピュータ70からのバイアス指令信号（デジタル信号）をアナログ信号電圧 $V_c$ に変換する。第2電圧供給回路47はD-A変換器46の出力電圧 $V_c$ と同じ電圧 $V_c$ を酸素センサSの他方の端子（排気ガス側電極層23に接続される導線41a）に供給するためのもので、負側入力端子がD-A変換器46の出力に接続され正側入力端子が酸素センサSの他方の端子に接続された演算増幅器47aと、演算増幅器47aの出力端子に一端が接続された抵抗47bと、この抵抗47bの他端にそれぞれベースが接続されたNPNトランジスタ47c及びPNPトランジスタ47dとにより構成されている。

【0019】そして、NPNトランジスタ47cのコレクタは定電圧 $V_{cc}$ に接続されエミッタは抵抗47eを介して酸素センサSの他方の端子に接続され、PNPトランジスタ47dのエミッタはNPNトランジスタ47cのエミッタに接続されコレクタはアースされている。

これにより、酸素センサSの一方の端子には常時一定電圧 $V_a$ が供給され、この一定電圧 $V_a$ より低い電圧に相当するバイアス指令信号をマイクロコンピュータ70からD-A変換器46に供給することにより、酸素センサSの他方の端子には一定電圧 $V_a$ より低い電圧 $V_c$ が供給されて、酸素センサSは $V_a - V_c$  ( $V_a > V_c$ )の電圧により正バイアスされ、また、一定電圧 $V_a$ より高い電圧に相当するバイアス指令信号をマイクロコンピュータ70からD-A変換器46に供給することにより、酸素センサSの他方の端子には一定電圧 $V_a$ より高い電圧 $V_c$ が供給されて、酸素センサSは $V_a - V_c$  ( $V_a < V_c$ )の電圧により負バイアスされることになる。このようにして、酸素センサSのバイアス電圧はマイクロコンピュータ70からD-A変換器46に供給されるバイアス指令に基づいて正負の任意の値に制御することが可能となる。

【0020】そして、電流検出抵抗50aの両端の電圧差 ( $V_b - V_a$ ) が電流検出回路50からの検出電流としてA-D変換器60に入力され、酸素センサSの両端の電圧差 ( $V_a - V_c$ ) が酸素センサSの素子電圧としてA-D変換器60に入力される。このように構成した本第1実施例において実施されるヒータ制御に関して、図4及び図5を用いて説明する。図4は内燃機関の始動に伴うヒータ26への通電開始後、酸素センサSが十分に活性するまでのタイムチャートを示し、図5は内燃機関10の作動のもとにマイクロコンピュータ70が所定時間毎に繰り返して実行するフローチャートを示す（酸素濃度の測定は特開昭59-163556号公報等により周知であるため説明を省略する）。

【0021】図4において、ヒータ26に電力を投入直後は、ヒータ制御回路80を100%デューティで制御して、ヒータ26にバッテリー81より全電力を供給して急速加熱する。これをヒータ全導通制御と呼ぶことにし、図4の①の部分である。この時、センサ電流検出回路50にて検出した負の電流 $I_{neg}$ 及び電流検出抵抗82にて検出したヒータ電流 $I_n$ により、逐次素子直流インピーダンス（内部抵抗）及びヒータ抵抗を算出する。

【0022】素子直流インピーダンスが酸素センサSの完全活性温度に相当する目標素子直流インピーダンスに到達する以前に、検出したヒータ抵抗がヒータ1200℃（限界耐熱温度より若干低い値に設定された初期設定温度に相当）に相当する目標ヒータ抵抗値に到達した場合はヒータ制御回路80によりヒータ電圧をデューティ制御し、目標ヒータ抵抗値になる様にフィードバック制御する。これをヒータ上限温度ホールド制御と呼ぶことにする。図4においては②の部分である。

【0023】その後、素子直流インピーダンスが目標素子直流インピーダンスに到達すると、それまで実施していたヒータ上限温度ホールド制御を終了し、目標素子直

10

20

30

40

50

流インピーダンスとなる様にヒータ制御回路 80 によりヒータ電圧をデューティ制御する。これを素子温度フィードバック制御と呼ぶことにする。図 4 においては③の部分である。

【0024】その後、エンジン停止まで、この素子温フィードバック制御は基本的に継続される。以上が、ヒータ電力投入後、酸素センサ S が完全に活性するまでのヒータ制御法である。次に、マイクロコンピュータ 70 により実行される図 5 のフローチャートに従ってヒータ制御を説明する。本実施例において、このフローチャートの演算周期は 100 ms とする。まず、ステップ 101 においてフラグ F1 が“0”であるか否かを判定する。このフラグ F1 により既にヒータ制御が実施されているか否かを判定する。ステップ 101 で YES と判定された場合は、まだヒータ制御を実施していない場合であるため、ステップ 102 に進みヒータ制御の実行条件が成立したか否かを判定する。ステップ 101 で NO と判定された場合はステップ 102、103 を飛ばしステップ 104 に進む。

【0025】ステップ 102 におけるヒータ制御実行条件とは、(1) イグニッションスイッチが ON であるか否か、(2) 始動後、所定時間: t sec 経過したか否か、(3) オルタネータが発電を開始したか否か等の条件が考えられる。本実施例では上記 (1) の条件にて制御を実施する。すなわちイグニッションスイッチが ON になったらヒータ制御を開始する。但し、イグニッションスイッチ ON 後、マイクロコンピュータ 70 が演算開始に至るまで時間を要する場合は、マイクロコンピュータ 70 がスタンバイできた時からヒータ制御を開始する。

【0026】ステップ 102 で YES と判定された場合はステップ 103 に進み、フラグ F1 をセットする。すなわちヒータ制御実施中であることを示す。次のステップ 104 ではヒータ 26 の印加電圧 Vn、素子印加電圧 Vneg、センサ電流検出回路 50 にて検出した負の電流 Ineg 及び電流検出抵抗 82 にて検出したヒータ電流 In により素子直流インピーダンス Zdc 及びヒータ抵抗 Rh を、 $Zdc = Vneg / Ineg$ 、 $Rh = Vn / In$  として算出する。

【0027】次のステップ 105 においてフラグ F2 が“0”であるか否かを判定する。フラグ F2 はヒータ制御が素子温フィードバックを実施しているか否かを示すものである。ステップ 105 で YES と判定された場合は、すなわち素子温フィードバック中ではない状態であり、ステップ 106 に進む。ステップ 106 ではステップ 104 で算出した Zdc が目標素子直流インピーダンス T. Zdc より大きいと判定する。ここで、素\*

\* 子温と素子直流インピーダンス Zdc の関係を図 6 に示す。

【0028】本実施例において T. Zdc は酸素センサ S が完全活性状態にある素子温 700℃に相当する 30Ωを設定する。すなわちステップ 106 は酸素センサ S が完全活性状態にあるか否かを判定するところであり、Zdc が T. Zdc より大きい場合(素子温が低く、完全活性状態にない場合)は、ヒータ全導通制御もしくはヒータ上限温度ホールド制御を実行し、酸素センサ S の暖機に努める。

【0029】ステップ 106 にて YES と判定された時はステップ 107 に進み、NO と判定された時はステップ 111 に進み、素子温フィードバックを実施する。ステップ 107 ではステップ 104 にて算出されたヒータ抵抗 Rh が目標ヒータ抵抗 T. Rh より大きいと判定する。ここでヒータ温とヒータ抵抗の Rh の関係を図 7 に示す。ここに示す抵抗温度特性はヒータ材質形状等によって決定されるため、本実施例ではその一例を示すこととし、またどの様な抵抗温度特性においても本ヒータ制御は実施可能である。本実施例におけるヒータ 26 の限界耐熱温度が 1250℃であるため、T. Rh は限界耐熱温度より若干低いヒータ温 1200℃に相当する 2.3Ωを設定する。また、この設定値は使用者の意思に応じて、耐熱温度以内であるならばどの様な値を設定しても何ら問題はない。

【0030】Rh が T. Rh よりも小さい時は、ステップ 107 で YES と判定されてステップ 108 に進み、ヒータ電圧のデューティ比を A (%) にセットする。ここでは A = 100% の全導通(全電力供給)とする。また、ステップ 107 で NO と判定された場合はステップ 110 に進み、ヒータ電圧のデューティ比を B (%) にセットする。ここでは B = 0% とする。但し、ヒータ温の上昇率及び下降率に差がある場合は、B として 0~30% 程度のデューティを使うことも可能である。

【0031】本実施例においては、ステップ 108 及び 110 で、ヒータ電圧としてそれぞれデューティ 100% 及び 0% をセットしているため、ヒータ全導通制御及びヒータ温上限ホールド制御中のヒータ加熱時は、ヒータ制御回路 80 により 100% デューティでヒータ 26 に電圧を印加し、ヒータ温上限ホールド制御中のヒータ冷却時は 0% デューティ、すなわちヒータには電圧を印加しないことになる。

【0032】また、ステップ 106 で NO と判定された場合はステップ (111) に進んで、素子温フィードバック制御のためにヒータ電圧のデューティ演算を実施する。ステップ 111 でのデューティ (Duty) の演算式を次に示す。

$$\begin{aligned} \text{Duty} &= \text{Duty}_I + \text{GP} + \text{GI} \\ \text{GP} &= \text{KP} \times (\text{Zdc} - \text{T. Zdc}) \quad \cdots \cdots \text{比例項} \\ \text{GI} &= \text{GI} + \text{KI} \times (\text{Zdc} - \text{T. Zdc}) \quad \cdots \cdots \text{積分項} \end{aligned}$$

10

20

30

40

ここで、Duty、Iはデューティの初期値であり、20%とする。また、KP、KIは比例定数、積分定数であり、それぞれ、4、2%、0、2%である。これらの値は実験的に求められるものであり、ヒータ26の仕様に依じて変わる値である。次のステップ112でフラグF2を“1”にセットする。このフラグF2がセットされている時は、素子温フィードバック中であることを示しており、このフラグF2が一端セットされると次回からのステップ105での判断がNOとなってステップ106は通らず、ヒータ全導通制御及びヒータ温上限ホールド制御は実施されない。

【0033】また、ステップ113ではステップ104にて算出されたZdcとT、Zdcとの差が60Ωより大きいかなんかを判定する。大きい場合は素子温が目標素子温より、何らかの要因により100℃以上低くなった場合であり、ステップ114に進み、フラグF2を“0”にクリアする。よって、次の演算ではステップ105の判断がYESとなってステップ106に進み、再びヒータ全導通制御もしくはヒータ温上限ホールド制御を実施する。しかし、通常の使用においては一度素子温フィードバック制御が実施されればこの様なことは起きない。

【0034】また、ステップ115ではZdcが図6に示す限界素子直流インピーダンスL、Zdc（目標素子直流インピーダンスT、Zdcより小さな値に設定されている。）より大きいかなんかを判定する。ここでL、Zdcは酸素センサSの素子の限界耐熱温度750℃に相当する20Ωに設定されておりZ、dcがL、Zdcより小さい場合、すなわち素子温が限界耐熱温度より高い場合はステップ118に進み電圧の印加を直ちに中止する。また、ステップ115でYESと判定された時は、ステップ116に進む。ステップ116ではRhが図7に示す限界ヒータ抵抗L、Rh（目標ヒータ抵抗T、Rhより大きな値に設定されている）より大きいかなんかを判定する。ここで、L、Rhはヒータの限界耐熱温度を示しており、RhがL、Rhより大きい場合、すなわちヒータ温が限界耐熱温度よりも高い場合はステップ118に進み電圧の印加を直ちに中止する。ここではL、Rhはヒータ温度1250°に相当する2、36Ω\*

直流インピーダンスZdc (Ω)

\*とする。

【0035】ステップ115及び116はフェールセーフのためであり、素子温及びヒータ温が耐熱限界以下である時はステップ117に進む。ステップ117ではステップ108、110及び111でセットされたデューティ比にてヒータ制御回路80を駆動してヒータ26に電圧を印加する。なお、本実施例において、ヒータ温上限ホールド制御は、100%と0%での制御、すなわちON-OFFの制限を実施しているが、素子温フィードバックの様にデューティ比を演算して制御しても問題はない。

【0036】以上述べた第1実施例によれば、ヒータ26への通電初期に100%デューティでヒータ26に電圧を印加することで、酸素センサSを短時間で活性化することが可能となり、また、その後、目標ヒータ抵抗T、Rhになると、目標ヒータ抵抗T、Rhにヒータ抵抗Rhをフィードバック制御（ヒータ上限温度ホールド制御）することで、ヒータ26の断線も防止でき、その後、目標素子温になると、通常は常に酸素センサSの素子温を目標の素子温に制御できるため、排気温度等の影響を受けずに、酸素センサSの活性状態を維持することができ、さらに酸素センサSの破損も防止することができるといった優れた効果がある。

【0037】〔第2実施例〕第2実施例の全体構成は図2の第1実施例と同じであり、マイクロコンピュータ70により所定期間毎に繰り返して実行される酸素センサSのヒータ制御を図8のフローチャートに従って説明する。このフローチャートに示されたヒータ制御はヒータ通電が開始され、素子が活性するまでの制御処理を示したものである。活性後のヒータ制御に関しては素子温フィードバックのところで説明する。ヒータ26への通電条件であるイグニッションスイッチ（IG）の信号をステップ201で判定する。IGがONでない場合処理を終了し、IGがONであればステップ203に進む。

【0038】ステップ203では酸素センサSの素子直流インピーダンスZdcを算出する。この直流インピーダンスZdcの算出方法として、素子に負の電圧Vnegを加え、その時の電流値Inegを検することで

印加電圧Vneg (V)

検出電流Ineg (A)

より算出する。一般に素子温と素子直流インピーダンスの関係は前述した図6の様になり、素子直流インピーダンスZdcを検出することで素子温がわかる。

【0039】次のステップ202ではフラグF1が“1”であるかなんかを判断する。フラグF1は酸素センサSの活性フラグであり、ヒータ通電後ヒータ温が70℃以上（素子直流インピーダンスで30Ω）になったことがあるかなんかを示すものである。フラグF1が

“1”の場合、既に素子は活性したと判断してステップ211に進み、素子活性のためのヒータ制御ルーチルは実行せず、素子温を活性状態に維持するための素子温フィードバック制御を実施する。制御内容は後述する。

【0040】また、ステップ202でフラグF1が“0”である場合、素子未活成状態と判断し、ステップ204に進む。ステップ204ではステップ203で検出した素子直流インピーダンスZdcが30Ωより大き

いか否かを判定する。すなわち、素子温が700℃より高いか否かを判定するものであり。ステップ204でNOと判定された場合は素子温は700℃以上の状態を示しており、素子は活性したと判断する。その場合は、ステップ210に進み、酸素センサSの活性フラグF1を“1”にセットして、素子温をフィードバック制御するためのヒータ制御に移行する。

【0041】また、ステップ204でYESと判定された場合は、素子温が700℃よりも低く、未活性状態であるとして、素子を活性させるためのヒータ制御を実施する。まず、ステップ205ではヒータ26への印加電圧 $V_n$ 及び電流 $I_n$ を検出する。次のステップ206ではステップ205で検出した電圧 $V_n$ 、電流 $I_n$ よりヒータ抵抗 $R_h$ を、 $R_h = V_n / I_n$ として算出する。ヒータ温とヒータ抵抗の関係を図9に示す。ヒータ抵抗 $R_h$ を検出することでヒータ温はわかる。

【0042】次のステップ207ではステップ106で検出した抵抗値が2.1Ω以下であるか否かを判定する。ヒータ抵抗 $R_h$ が2.1Ωはヒータ温1200℃相当であるが、図9に示すごとくヒータ抵抗 $R_h$ のばらつきを考えた場合、ヒータ温は870～1200℃の範囲でばらつく。ここで、判定値を2.1Ωに設定した理由は、どの様なヒータ抵抗温度特性のヒータを使用しても、ヒータ26の耐熱限界である1200℃を越えない様にするためである。この設定値はさらに安全側に設定することも可能である。

【0043】また、ステップ207でYESと判定された場合は、まだヒータ26を加熱できる状態であるため、ステップ208でデューティ=100%として、ステップ209でヒータ制御回路80によりヒータ26にデューティ100%の電圧を印加する。ここでのデューティ周期は10HZとしたが、これは任意の値でもよい。

【0044】また、ステップ207でNOと判定された場合、すなわち、この状態はヒータ26におけるヒータ抵抗温度特性の下限品が1200℃に到着したことを示しており、それまでの電圧制御から電力制御に移行するタイミングであることを示す。まず、ステップ212ではヒータ電力制御フラグF2が“1”であるか否かを判定する。このフラグF2は、すでにヒータ電力制御を実施しているか否かを示すものである。

【0045】ステップ212でNOと判定された場合は、まだヒータ電力制御を実施していない状態であり、ステップ219に進む。ステップ219ではヒータ電力制御の初期デューティを設定する所であって、各ヒータ能力に応じた値が入るが、本実施例では実験的に20%を設定した。この値は、ヒータ電圧制御から電力制御に移行した時の急激なヒータ温変化を抑制するのに最適な値である。

【0046】また、ステップ207でのヒータ抵抗 $R_h$

の判定値を、例えば安全側の2.0Ωに設定した場合は、ヒータ電力移行直後もヒータ温上昇に余裕があるため、ステップ219における初期デューティは20%より大きい値を設定することが可能である。次のステップ220ではヒータ電力制御フラグF2を“1”にセットする。すなわち、ヒータ電力制御実施中であるということを示す。次に、ステップ209に進んでステップ219で設定した初期デューティに基づきヒータ制御回路80によりヒータ26に電圧を印加する。

【0047】また、ステップ212でYESと判定された場合は、既にヒータ電力制御実施中であるとして、ステップ222に進む。ステップ222ではステップ206で算出したヒータ抵抗値 $R_h$ が2.5Ωより大きいかな否かを判定する。このステップ222はエンジン運転条件の急変に伴う排気温上昇、あるいは何らかの故障等によりヒータ温が異常加熱した様な場合に対するヒータ保護機能であり、ヒータ抵抗 $R_h$ が2.5Ω以上になる様な場合は、ステップ222でYESと判定され、ステップ223に進む。ステップ223では前回設定されたデューティから10%デューティを急減した値を今回のデューティ値とする。ここでデューティが0%以下の場合には全てデューティ=0%とする。そして、次のステップ209に進んで、ステップ223で設定したデューティをもとにヒータ制御回路80によりヒータ26に電圧を印加し、ヒータ温を低下させる。

【0048】また、ステップ222でNOと判定された場合は、ステップ213に進み、前述したステップ219、223や後述するステップ215、217にて設定されているヒータ26に対する現在のデューティ(Duty)%と、ステップ205で検出したヒータ電圧 $V_n$ 、電流 $I_n$ とをもとにヒータ電力 $W_n$ を $W_n = V_n \times I_n \times \text{Duty} / 100$ により算出する。次のステップ214ではステップ213で算出した電力 $W_n$ が21[W]以下にあるか否かを判定する。ここで、ヒータ温とヒータ供給電力との関係を図10に示す。この関係は前述したヒータ抵抗温度特性のばらつきによらず一定の関係を示す。よって、本実施例で使用されたヒータでは21[W]を供給すると同一能力(ヒータ発熱効率等)のものならば、抵抗特性のばらつきによらず、全てヒータ温が1200〔℃〕に飽和する。よって耐熱限界を越え破損、断線に到ることはない。

【0049】また、ステップ214でYESと判定された場合は、ヒータ26への供給電力が目標電力より低いとしてステップ215に進む。ステップ215では前回のデューティ比に対して3%を加える。この値はヒータ能力により決まる値である。次に、ステップ209に進んでステップ215で設定したデューティ比によりヒータ制御回路80によりヒータ26に電圧を印加し、ヒータ26への供給電力を上げる。

【0050】また、ステップ214でNOと判定された

10

20

30

40

50



場合は、ヒータ36への供給電力が目標電力より高いとして、ステップ217でデューティ比を3%減らす。次にステップ209に進んでステップ217で設定されたデューティ比で比制御回路80によりヒータ26に電圧を印加し、ヒータ26への供給電力を下げる。このようなステップ213～217の処理でヒータ26への供給\*

$$Duty = GP + GI + C$$

$$GP = a(Wn - 21)$$

$$GI = GI + b(Wn - 21)$$

a、b、c=定数という、手法でデューティ比を演算し、ヒータ電力を目標電力に制御することも可能である。

【0052】次に、ステップ211での素子温フィードバックの手法を説明する。ステップ203で検出した素\*

$$Duty = GP + GI + C$$

$$GP = a(Zdc - 30)$$

$$GI = GI + b(Zdc - 30)$$

(a=4.2 b=0.2 c=20)

a、b、c、は定数であり、本実施例では以上の様に適合した。

【0054】以上演算されたデューティ比をもとにヒータ制御することで、常に素子直流インピーダンスZdcを30〔Ω〕付近に制御することが可能で、常に良好な活性状態を維持することができ、さらに素子温異常加熱による素子破損を防ぐことができる。図11は第2実施例におけるヒータ通電後、酸素センサSが十分に活性するまでのタイミングチャートを示し、ヒータ26に電力を投入直後は、ヒータ制御回路80を100%デューティで制御してヒータ26への供給電力を定電圧制御（ヒータ全導通制御）してヒータ26を急速加熱する。その後、ヒータ抵抗Rhが目標値（2.1〔Ω〕）に達するとヒータ26への供給電力Wnが目標電力：21〔W〕になるように（ヒータ26の温度が1200〔℃〕になるように）、ヒータ制御回路80のデューティ比を制御してヒータ26への供給電力を定電力制御する。その後、酸素センサSの内部抵抗Zdcが目標値30〔Ω〕になると、酸素センサSの内部抵抗Zdcが目標値30〔Ω〕（素子温が700〔℃〕）になるように、ヒータ制御回路80のデューティ比を制御してヒータ26への供給電力を、素子温フィードバック制御する。

【0055】以上の第2実施例によれば、ヒータ26への印加電圧を活性途中から定電圧制御より定電力制御に切替わる様にする事でヒータ26の耐熱温度域まで有効に使用する事が出来るため、より早い時間で酸素センサSを活性化させることができる。また、定電力制御によりヒータ26の断線を防ぐことが出来、さらに素子温を同時に検出しているため、素子の破損も防ぐことが出来るという優れた効果がある。

【0056】〔第3実施例〕図12に示す第3実施例において、第2実施例との相違点について説明する。第2

\*実力为目标電力：21〔W〕に制御することができる。

【0051】ここでの演算処理は目標電力：21〔W〕に対してヒータ26への実供給電力Wnが高いか低いかを検出して、所定値を加減算するだけであるが、比例、積分制御によりデューティ演算させる手法もある。例えば、デューティ（Duty）を、

……比例項

……積分項

10\*子直流インピーダンスZdcをもとに、素子直流インピーダンスZdcが30Ω（素子温700℃担当）になる様にヒータ26に印加する電圧のデューティ比を演算する。デューティ（Duty）演算は次の式で表される。

【0053】

……比例項

……積分項

実施例においてはヒータ定電圧制御から定電力制御への移行タイミングをヒータ抵抗値Rhにより実施したが、

20 第3実施例はそれをヒータ通電開始後の経過時間において切り換えるものである。図12のフローチャートはステップ204でYESと判定されるとステップ307において、始動後経過時間が所定値：12秒以内にあるかを判定する。ステップ307にてYESと判定された場合はヒータ26がまだ十分加熱されていないと判断されるため、ステップ208に進んでデューティ100%でヒータ26に電圧を印加する。

【0057】また、ステップ307でNOと判定された場合は、十分ヒータ26が加熱された状態であるとして、ステップ205、206以降のヒータ電力制御に移行する。ここでの経過時間の設定はヒータ能力により決まり、本実施例では12秒の一定値としたが、エンジン冷却水温が高い程、時間が短くなるように経過時間を設定するのが望ましい。

【0058】なお、ヒータ温が完全に冷えてない状態で再始動した場合においてもステップ204において素子直流インピーダンスZdcを所定値と比較しているため、ヒータ26及び酸素センサSの異常加熱を防ぐことが可能である。また、ヒータ26のヒータ抵抗温度特性が経時変化した場合も、同一条件で電力制御への移行が可能であり、ヒータ26の保護に役立つ。

【0059】〔第4実施例〕酸素センサSの早期活性のためのヒータ制御として第1～第3実施例でヒータ通電初期の全導通制御からヒータ温を耐熱限界付近にホールドする上限ホールド制御に移行する方法と、定電力を供給する定電力制御に移行する方法の2つを提案した。しかし酸素センサSのヒータ温を直接検出する手段を持たずヒータ抵抗から換算するしか手段はない。ところが、酸素センサSのヒータ温度抵抗特性には図9に示すようにばらつきがあり、同一抵抗でありながら酸素センサS

(ヒータ 26) により温度が大きく異なるという問題がある。

【0060】ここで、上限ホールド制御は目標の抵抗値になる様な制御をし、また定電力制御への移行タイミングはヒータ抵抗値により決定しているため、ヒータ 26 の信頼性を確保しつつ、昇温性能を上げることは困難である。そこで、本実施例によれば、エンジン回転数、吸気管圧力、供給電力などからヒータ温を推定し、その時のヒータ抵抗を検出することで、目標のヒータ抵抗(上限ホールド制御、移行タイミング)を更新することが可能となり、信頼性と昇温性能の両立が可能となる。

【0061】ヒータ温推定法について概要を説明する。ヒータ温はヒータ 26 への供給熱量及びヒータ 26 からの放熱量の割合によって決まる。熱的に定常状態を考えると、ヒータ 26 に対する供給熱量はヒータ 26 に供給される電力量で決まり、ヒータ 26 からの放熱量は酸素センサ S の周辺環境である内燃機関の排気ガスの温度及び流速でほぼ決まる。ヒータ 26 からの放熱量は外気温及びセンサ取り付け位置の排気マニホールド温度等にも左右されるが、これらは排気への放熱と比較するとその影響度合いは小さい。

【0062】また排気ガスの温度、流速は燃焼、空燃比、点火時期等を限定した場合、エンジン回転数及び吸気管圧力あるいは吸入空気量によりほぼ一義的に決まる。よって、供給電力を固定した場合、ヒータ温度はエンジンの回転数及び吸気管圧力より決定することが可能である。次に過渡状態について説明する。外気温、空燃比(A/F)、点火時期等が変わらない場合、ヒータ温はエンジン回転数、吸気管圧力及びヒータ供給電力により変化する。これらのパラメータの変化に対するヒータ温の変化は、伝熱力学の観点から 1 次遅れで近似できることがわかっている。

【0063】また、酸素センサ S の周辺環境(エンジン回転数、吸気管圧力)の変化に伴うヒータ温度変化と供給電力変化に伴うヒータ温変化との時定数はそれぞれ大きく異なる。すなわち、周辺環境の変化は素子部の温度分布変化の後ヒータ温変化に至るのに対し、電力変化はヒータ 26 の材質で決まる熱伝導率により支配される為であり、電力変化に伴う時定数の方が周辺環境変化に伴う時定数より小さい。さらに、これら 2 つの時定数はそれぞれ実験的に排気ガス流量(エンジン回転数 NE と吸気管圧力 PM の形とではほぼ近似できる)により一義的に決まることが分かっている。

【0064】よってヒータ温は、(1)電力一定の時の NE、PM に対する定常状態のヒータ温と、(2) NE、PM あるいは供給電力変化に対する一次遅れの演算をすることでヒータ温を推定することが可能である。次にマイクロコンピュータ 70 により 100ms 毎に実行される図 13 のフローチャートに従って詳細説明する。ステップ 401 はヒータ温推定を開始するか否かを判定

する。これは、ヒータ温推定精度を確保するためのものであり、精度を上げようすると条件は限定される。誤差要因は①NE、PM、電力→定常ヒータ温、②NE\*PM→時定数算出が考えられる。本実施例の実行条件は、

$1000 \leq NE \leq 3000 \text{ rpm}$

$200 \leq PM \leq 600 \text{ mmHg}$

$20 \leq \text{外気温} \leq 30^\circ\text{C}$

$80^\circ\text{C} \leq \text{水温}$

10 空燃比 F/B 中

の条件を満たした時、ステップ 402 に進む。また、その時の実行条件としては点火時期、車速等も考えられる。

【0065】ステップ 401 で NO と判定された場合はステップ 415 に進みフラグ F1 をクリアして処理を終了する。ステップ 402 ではエンジン回転数 NE 及び吸気管圧力 PM を検出する。ステップ 403 ではステップ 402 の検出値に基づいて NE\*PM を算出する。ステップ 404 では酸素センサ S に印加されるヒータ電圧 V 及びヒータ電流 I を検出する。ステップ 405 ではステップ 404 の検出値に基づいて供給電力  $W = V * I$  を算出する。

【0066】ステップ 406 及び 407 では定常状態のヒータ温を算出する。本実施例においては、ヒータ温はある基準の供給電力の下での NE、PM に対する基準ヒータ温 THMAP1 と基準電力に対してステップ 405 で算出した供給電力 W の差に応じて THMAP1 を補正する補正ヒータ温 THMAP2 との和でヒータ温は算出できる。すなわち(ヒータ温) = THMAP1 + THMAP2 の形で表せられる。そのためステップ 406 ではステップ 402 で検出した NE、PM に応じて THMAP1 を算出する。本実施例ではステップ 406 の定常ヒータ温度マップ THMAP1 を図 14 のように設定する。

【0067】また、この時の基準電力は例えば 10W であり、この値は素子の活性状態を維持するためにヒータ 26 に加えられる電力の頻度の多い所をもとにしている。よって、エンジン毎や酸素センサ S の取り付け位置により電力量が変わるため、この基準電力も変える必要がある。次のステップ 407 ではステップ 405 で算出した供給電力 W とステップ 402 で検出した NE 及び PM とから THMAP2 を算出する。ステップ 407 の電力補正ヒータ温度マップ THMAP2 を図 15 に示す。本実施例では THMAP2 として 3 つのマップを設定し、それぞれの供給電力 W を 5、15、25W としたが、この値はヒータ 26 に供給される電力量 W をほぼ網羅しており、任意の設定が可能である。また、NE、PM 及び供給電力 W はそれぞれ直線補間される。

【0068】ここで、例えばステップ 406 の定常ヒータ温マップは 10W を基準としているため、ステップ 4



05の検出電力が10Wであった時、ステップ407の電力補正ヒータ温度THMAP2は0(°C)となり、ステップ406の定常ヒータ温マップの値THMAP1がそのままヒータ温となる。運転条件、供給電力を限定すればこの2つのマップTHMAP1、THMAP2よりヒータ温は算出できる。

【0069】過渡状態を考えた場合、前述の様にNE、PMだけが変化した時と、供給電力Wだけが変化した場合とではヒータ温の1次遅れの時定数が異なる。ここでは、NE、PMだけが変化した場合の1次遅れ演算を定常ヒータ温マップからのTHMAP1に基づき実施し、供給電力Wだけが変化した場合を電力補正ヒータ温度マップからのTHMAP2に基づき演算する。実際はNE、PM及び供給電力Wの全てが変化するため、THMAP1及びTHMAP2の1次遅れ演算は同時に実行される。それぞれの1次遅れ演算に使用される時定数を図16に示す。時定数 $\tau_1$ はNE、PM変化に対するものであり、時定数 $\tau_2$ は供給電力Wの変化に対するものである。また、それぞれの時定数はNE\*PMでほぼ一義的に決まる。なお、時定数はNE及びPMにより影響を受けるため、NEとPMに対する2次元マップで示すこともできる。

【0070】次のステップ408ではステップ403で算出したNE\*PMにより時定数 $\tau_1$ 及び $\tau_2$ を算出する。次のステップ409ではフラグF1がセットされているか否かを判定する。フラグF1はヒータ温算出を以前に実施したか否かを判定するものであって、NOと判定された場合、すなわち今回始めてヒータ温算出を実施する場合はステップ410、411に進み、それ以外はステップ413に進む。ステップ410及び413でのヒータ温算出式は下式により実行される。

【0071】ステップ413は、

【0072】

【数1】

$$\text{ヒータ温TH}(i+1) = \text{TH1}(i+1) + \text{TH2}(i+1)$$

$$\text{TH1}(i+1) = e^{-\Delta T/\tau_1} \cdot \text{TH1}(i) + (1 - e^{-\Delta T/\tau_1}) \cdot \text{THMAP1}(i)$$

$$\text{TH2}(i+1) = e^{-\Delta T/\tau_2} \cdot \text{TH2}(i) + (1 - e^{-\Delta T/\tau_2}) \cdot \text{THMAP2}(i)$$

【0073】ステップ410は、

【0074】

【数2】

$$\text{TH}(1) = \text{THMAP1}(1) + \text{THMAP2}(1) \cdot$$

$$\text{NE変化率} \leq 500 \text{ rpm} \quad \text{and} \quad \text{継続時間} \geq 20 \text{ sec}$$

\*で表わされる。ここで $\Delta T$ は演算周期を示し、本実施例では $\Delta T = 0.1 \text{ (sec)}$ とする。ステップ411ではフラグF1をセットし、次回からはステップ409でYESと判定され、ステップ413に進んだ後、処理を終了する。従って、ステップ401で条件から外れない限り、100msの演算周期毎にステップ413でヒータ温を算出する。

【0075】本実施例では吸気管圧力を使用しているが、代わりにエンジンの1回転当たりの吸入空気量でも同様なヒータ温推定が実施できる。本実施例で使用されるマップ値は各エンジン特有の値であり、それぞれ最適な値を選択することができる。また、ステップ401の実行条件の項目はヒータ温推定要求精度、演算回路との要求により、選択的に使用することができる。

【0076】このようにして推定されたヒータ温Thを、図5、図8、図12のフローチャートにおけるヒータ抵抗Rhの代わりに用いることにより、ヒータ26に対する電力供給制御へ適用する事が可能である。この場合には、図5において、ステップ107の代わりに図17の(a)のステップ107'で示すように、ヒータ温Thが目標ヒータ温T・Th(例えば1200°C)より大きいかなかを判定するようにすると共に、ステップ116の代わりに図17の(b)のステップ116'で示すように、ヒータ温Thが限界ヒータ温L・Th(例えば1250°C)より大きいかなかを判定するようにする。

【0077】また、図8においては、ステップ207の代わりに図17の(c)のステップ207'で示すように、ヒータ温Thが1020°C以上かなかを判定するようにすると共に、ステップ222の代わりに図17の(d)のステップ222'で示すようにヒータ温Thが1200°Cより大きいかなかを判定するようにする。また、図12においても、ステップ222の代わりに図17の(d)のステップ222'を実行するようにすればよい。

【0078】【第5実施例】次に、第4実施例で推定したヒータ温に基づくヒータ制御での目標抵抗値の設定法について説明する。この目標抵抗値は、前述した第1～第3実施例における全導通制御からヒータ温上限ホールド制御あるいは定電力制御に移行するタイミングを判定するために使われる。また、限界ヒータ抵抗の設定にも使われる。

【0079】マイクロコンピュータ70により100ms毎に実行される図18のフローチャートにおいて、ステップ501は目標抵抗値更新制御の実行条件が成立したか否かを判定し、YESのときにはステップ502に進み、NOのときにはそのまま終了する。ステップ501での実行条件は例えば、ヒータ温推定制御実行中

PM変化率 $\leq 300 \text{ mmHg}$  and 継続時間 $\geq 20 \text{ sec}$ 

である。ここでの条件は、ヒータ温推定精度を確保するためのもので、その他の信号でも代用できる。ステップ502でフラグF1とF2の双方がいずれもセットされているか否かを判定する。NOと判定された場合は図19のステップ520に進み、目標抵抗値の設定をする。ステップ503では、検出されたヒータ電圧及びヒータ電流に基づきヒータ抵抗値を算出する。ステップ504\*

(特性上限) ヒータ抵抗 $= 0.0013 \times \text{ヒータ温} + 1.0671$

(特性下限) ヒータ抵抗 $= 0.0009 \times \text{ヒータ温} + 0.8776$

の範囲でばらつくことがわかっている。よって、ステップ505ではステップ504、505で決まるヒータ温-ヒータ抵抗の関係が上記ばらつきの範囲内にあるか否かを判定する。

【0081】ステップ505でNOと判定された場合は処理を終了し、YESと判定された場合はステップ506に進む。ステップ506ではステップ504でのヒータ温が900℃以上であるか否かを判定する。ステップ506でYESと判定された場合はステップ507に進んで、そのときのヒータ温及びヒータ抵抗をRAM1にTH、H、R (TH、H) として書き込み、NOと判定された場合はステップ511に進み、そのときのヒータ温及びヒータ抵抗を、RAM2にTH、L、R (TH、L) として書き込む。ここでのRAM1、2はバックアップRAMを使用しており、キースイッチをオフしてエンジンが停止された場合もその情報は記憶されている。ステップ507、511でヒータ温TH、H、TH、L及びヒータ抵抗R (TH、H)、R (TH、L) の書き込みを終了すると、それぞれステップ508、512に進み、フラグF1及びF2をセットし処理を終了する。

【0082】次に、図19について説明する。図18のステップ502でYESと判定された場合は、RAM1及びRAM2にそれぞれヒータ温度TH、H、TH、L及びそれに相当するヒータ抵抗R (TH、H)、R (TH、L) が収納されている場合であり、この2つのポイントを用いて目標ヒータ温度に対する目標ヒータ抵抗値を算出する。

【0083】図19のステップ520はフラグF1及びF2をそれぞれクリアする。このことにより次回の目標抵抗値更新は、RAM1及びRAM2にそれぞれ新しい情報が入らない限り実施されない。次のステップ521ではRAM1及びRAM2に収納されているヒータ温TH、H、TH、Lの差が200℃以上であるか否かを判

\*では前述した図13のヒータ温推定制御で推定されたヒータ温を読み込む。

【0080】次のステップ505では、ステップ504で読み込んだヒータ温-ヒータ抵抗の関係が妥当であるか否かを判定する。すなわち、本実施例で使用されるヒータ抵抗-温度特性は図9にも示すごとく、

定する。ここで設定した200℃は素子温フィードバック中のヒータ温は800~1100℃付近で使用され、ここでの2点から1200℃のヒータ抵抗を算出する際の精度確保のためである。よって、精度と検出機会との兼ね合いにより、この温度は任意に設定することが可能である。

【0084】ステップ521でNOと判定された場合は処理を終了し、YESと判定された場合はステップ522に進む。ステップ522はRAM1及びRAM2に収納されているヒータ温-ヒータ抵抗関係が妥当であるか判定する。本実施例で使用されるヒータの温度変化に対する抵抗変化は0.0007 (Ω/℃) から0.0015 (Ω/℃) の範囲でばらつくことがわかっている。従って、RAM1及びRAM2より

【0085】

【数3】

$$R(\text{TH}, \text{H}) - R(\text{TH}, \text{L})$$

$$\text{TH}, \text{H} - \text{TH}, \text{L}$$

30 の形で求まる傾きがこの範囲にない場合は処理を終了し、この範囲にある場合は2点の関係が妥当であると判定しステップ523に進む。

【0086】ステップ523ではRAM1及びRAM2のヒータ温、ヒータ抵抗よりヒータ温1200℃の時のヒータ抵抗を算出する。この抵抗値が目標ヒータ抵抗値T、Rhであり、1200℃は本実施例で使用されるヒータの上限温度である。よって、早期活性のためのヒータ制御(全導通制御→上限ホールド制御、あるいは全導通制御→電力制御)での切り換え基準値となり、またこの値によりヒータ温は耐熱限界を越えることはない。

【0087】ステップ523の算出は下式の様になる。

【0088】

【数4】目標抵抗値 $= a \times 1200 + b$

$$R(TH, H) - R(TH, L)$$

a =

$$TH, H - TH, L$$

$$R(TH, L) \times TH, H - R(TH, H) \times TH, L$$

b =

$$TH, H - TH, L$$

次のステップ524ではステップ523で算出された目標ヒータ抵抗値と前回の目標ヒータ抵抗値との差の絶対値が0.1以下であるか否かを判定する。今回の更新が初めての場合は目標抵抗値のイニシャル値との比較になり本実施例では2.3Ωとする。ここでの判定は誤学習の防止及び学習速度の制限を加えるものである。ステップ524でYESと判定された場合はステップ525に進み、今回算出された目標抵抗値をそのまま新たな目標ヒータ抵抗値T.Rhとして更新する。

【0089】ステップ524でNOと判定された場合はステップ527に進み、前回更新された目標ヒータ抵抗値あるいはイニシャル値に対して今回算出された目標ヒータ抵抗値が大きい場合は前回の値に0.1を加え、小さい場合は0.1を減ずることによって、目標ヒータ抵抗値T.Rhの更新をする。

【第6実施例】前述した第5実施例においては、2つのヒータ温-ヒータ抵抗の関係から目標抵抗値を算出している。それに対し本実施例では1つのヒータ温-ヒータ抵抗から目標抵抗値を算出する。

【0090】本実施例のヒータ温変化に対するヒータ抵抗変化は中央値で0.0011(Ω/°C)である。この値を用いることで1200°Cの抵抗値を算出する。図20、21に第6実施例のフローチャートを示す。第5実施例と基本的な流れは変わらず、第5実施例に対しステップ506、507、511、512を省略して、ステップ505でYESのときステップ507'に進んでRAM1にそのときのヒータ温TH及びヒータ抵抗R.THを書き込んだ後ステップ508に進むようにすると共に、ステップ521、522を省略してステップ520、523の代わりにステップ520'、523'を実行するようになっただけであるのでそれ以外の説明は省略する。

【0091】ここで、ステップ520'ではフラグF1をクリアし、次のステップ523'では前述の様に抵抗変化率0.0011(Ω/°C)、ヒータ温TH及びヒータ抵抗R.THから1200°C時の目標ヒータ抵抗値T.Rhを

【0092】

【数5】

$$T.Rh = 0.0011 \times 1200 + R.TH - 0.0011 \times TH$$

算出する。ここでの算出値が目標ヒータ抵抗値T.Rhとなる。

【第7実施例】図22に第7実施例のヒータ制御のタイ

ムチャートを示す。ヒータ制御はその目的及び制御方法の違いから①～④の部分に分かれる。順にそれぞれ説明する。

10 【0093】①は全導通制御と呼ぶこととし、ヒータ26及びセンサ素子の冷間時に最大電力をヒータ26に供給して短時間でヒータ26を加熱する制御である。実際には100%のデューティで電圧を印加する。②、③はそれぞれ電力制御と呼ぶこととする。③はヒータ温が目標の上限温度となる様にヒータ26に電力を供給する。ここで、定常状態ではヒータ温は供給電力から一義的に決まるため、ヒータ温度抵抗特性にばらつきがあっても、ある電力を供給すればヒータ26は全て一定の温度となる。しかしながらヒータ26とセンサ素子間の熱関係が過渡状態にある時、ヒータ温を一定にしようとした場合、センサ素子温に応じて供給電力を変える必要がある。すなわち、素子温が低い時はヒータ26からの放熱量が多くなるため、電力を多く必要とし、逆に素子温が高くなるとヒータ26からの放熱量が減るため、少なめの電力でまかなうことができる。その関係を図23に示す。これはヒータ温を1200°Cに維持するのに必要な電力を示す。

30 【0094】従って、③は検出された素子直流インピーダンスに応じて、電力を供給する。また、②は素子直流インピーダンスを検出できない領域であり、ここでは一定の電力を供給し、①から③の制御へのつなぎの役割とする。図23に従うと、素子直流インピーダンスは600Ω以上では検出できず、その時はヒータ26に一定電力60Wを供給する(②の制御)。その後、素子温が上昇し直流インピーダンスが600Ω以下になると、検出した直流インピーダンスに応じてヒータ26に電力を供給する(③の制御)。

40 【0095】④は素子温フィードバック制御と呼ぶこととする。これは素子の活性状態を維持するための制御であり、素子直流インピーダンス30Ω(素子温700°C相当)になるように、ヒータ26への供給電力をフィードバック制御する。次に各制御の移行タイミングについて説明する。全導通制御①から電力制御②はヒータ26及び酸素センサSが冷間状態にある時は①の制御を実施している時間が所定時間に達した時に②に移行し、また冷間状態にない場合は時々検出されるヒータ抵抗値が目標ヒータ抵抗値以上になった時に②に移行する。この様に場合分けするのは、再始動時、ヒータ温が上限温度以上になるのを防止するためである。

【0096】②から③への移行タイミングは、素子直流

インピーダンスが検出できる状態になったかどうかである。但し、①から②に移行するための条件が成立した時に既に素子直流インピーダンスが検出できる状態にあれば②を実施せず③を実施する。③から④への移行タイミングは素子直流インピーダンスが30Ωに達した時である。

【0097】以上①から④を順に説明したが、条件によってはいずれかの制御を飛ばして次の制御を実施する場合もある。次に図24において本実施例のマイクロコンピュータ70により100ms毎に実行されるヒータ制御フローチャートについて説明する。ステップ1010では素子温フィードバック制御の実行条件が成立したか否かを判定する。この実行条件は素子直流インピーダンスが30Ω以下であるか否かであり、YESと判定された場合は素子が活性状態にあるとし、ステップ1050に進み、図12のステップ211と同様な素子温フィードバック制御を実行する。また、素子温フィードバック制御が1度実行された場合、イグニッションスイッチがOFFされるまでこの制御だけを実施し、その他の全導通及び電力制御は実施しない。ステップ1010でNOと判定された場合は、ステップ1020に進み、電力制御実行条件が成立したか否かを判定し、YESの場合ステップ1030に進んでヒータ26に対し電力制御を実行する。ステップ1020、1030での詳細は後述する。ステップ1020でNOと判定された時はステップ1070に進み、デューティ100%での全導通制御を実施する。

【0098】ステップ1020、1030の詳細フローを図25に示す。図25のフローは図24のステップ1010のNOから後の制御を示す。ステップ601ではF1が1か否かを判定し、F1=1でないときにはステップ602に進んでF2が1か否かを判定し、F2=1でないときにはステップ603に進んでF3が1か否かを判定し、F3=1でないときにはステップ604に進む。

【0099】ステップ604では素子直流インピーダンスが600Ω以上であるか否かを判定する。NOと判定された場合はステップ613に進みフラグF3をセットする。そして、次の演算周期ではステップ603でYESと判定されるため、この制御を繰り返し実施することとなり、ステップ605以降には進まない。このモードは図22のタイムチャートで②の制御を実施せずに①から直接③に移行するモードである。なお、ステップ604の判定値は、素子直流インピーダンスの検出性能により決まり、通常600~90Ω(素子温500~600℃担当)のいずれかを使う。ステップ614では図23の関係に基づき検出された素子直流インピーダンスに対する電力を供給する。

【0100】図23はヒータ温が1200℃になる電力を示しているが、ヒータ26の性能及び信頼性からこの

値は任意に設定できる。また、バッテリー電圧低下等の原因により要求電力を供給できない場合はその時点の最大電力を供給するものとする。ステップ604でYESと判定された場合は、ステップ605に進み、全導通制御から電力制御に移行するタイミングを判定するのに、全導通制御継続時間か目標ヒータ抵抗値かのどちらかを使うかを選択する。ここでどちらを選択するかは通電開始時のヒータ抵抗値により決定する。詳細は後述する。

【0101】ステップ605にて移行時の判定手段を全導通制御継続時間と決定された場合はステップ606に進み、目標ヒータ抵抗値とした場合はステップ616に進む。なお、通電開始時のヒータ抵抗値により決定した移行時判定手段はイグニッションスイッチOFFまで変わらない。よって、イグニッションスイッチONからOFFまでの一連のヒータ制御の中では、ステップ606移行の制御あるいはステップ616以降の制御のいずれかのみを実施することとなる。

【0102】そして、ステップ606に進む場合、全導通制御継続時間が12sec以上経過したか否かを判定する。ステップ606でYESと判定された場合は、これ以上全導通制御を実施した場合、ヒータ26の耐熱温度を超える可能性がある領域であり、その場合はステップ607以降の電力制御以降にする。なお、ヒータの昇温性能及び耐熱限界により判定時間は決定され、本実施例では12secとした。ステップ606でNOと判定された場合は、ステップ623に進み引き続きデューティ100%の全導通制御を実施する。ステップ606でYESと判定された時はステップ607でフラグF1をセットし、次の演算はこれ以降の処理を繰り返す。

【0103】次のステップ608では素子直流インピーダンスが600Ω以下であるか否かを判定する。ステップ608でNOと判定された場合は、まだ素子温が上がっておらず素子直流インピーダンスを検出できない状態であり、その様な場合はステップ611にて固定の電力を供給する。図23に基づくとその時の電力は60Wである。なお、ステップ608の判定値はステップ604と同一の値を用いるのが望ましい。ステップ608でYESと判定された場合はステップ609に進み、ステップ614と同様に素子直流インピーダンスに応じた電力を供給する。

【0104】ステップ605の移行時判定手段として、目標ヒータ抵抗値が用いられる場合はステップ616に進む。ステップ616ではヒータ抵抗値が2.1Ω以上であるか否かを判定する。ステップ616でYESと判定された場合は、ヒータ温度抵抗特性のばらつき下限品が耐熱温度を超える可能性があり、ステップ617以降の電力制御に移行する。ステップ616でNOと判定された場合は、ステップ623に進み、引き続き全導通制御を実施する。

【0105】ステップ617ではフラグF2をセット

し、次の演算ではステップ602にてYESと判断されることによりこれ以降を繰り返し制御する。次のステップ618～621は前述のステップ608～611と同様の制御であるため、説明を省略する。ここで、ステップ609、611、614、619、621での電力供給は図8のステップ214における21Wの代わりに各ステップ609、611、614、619、621で求められた電力を設定してステップ215、217を実行することにより、それぞれの設定電力をヒータ26に供給することができる。

【0106】次に、ステップ605で選択される全導通制御継続時間あるいは目標ヒータ抵抗の決定法の詳細について説明する。図26は移行時判定手段の決定法についてのフローチャートを示す。本制御はイグニッションスイッチがONされてヒータ26への通電開始される時に1度だけ実施される。ステップ701ではヒータ電圧及び電流を検出し、それに基づいてステップ702でヒータ抵抗値を算出する。なお、ヒータ通電直後では突入電流の影響で、正確なヒータ電圧、電流検出ができないと判断される場合は、ヒータ通電後一定時間（例えば100ms後）経過後、検出を実施するようにすれば問題はない。

【0107】次のステップ703ではステップ702で算出されたヒータ抵抗値が1.2Ω以下であるか否かを判定する。ステップ703でYESと判定された場合は、ヒータ26及び素子が冷間状態あるいは常温付近にあると判断し、ステップ704に進んで、図25のステップ605での全導通制御から電力制御への移行タイミングの判定結果として、全導通制御の継続時間を使用するように判定する。また、ステップ703でNOと判定された場合は、ヒータ温が十分冷えておらず継続時間では耐熱温度を超える可能性があるとして、ステップ706に進んで、図25のステップ605での移行タイミングの判定結果として、目標ヒータ抵抗を使用するように判定する。

【0108】なお、第7実施例において、図22の②の一定電力制御を省略して①から③に直接移行する制御としたり、④の素子温フィードバック制御を省略して③の素子温応動電力制御でヒータ電力を制御し続けるようにしてもよい。

【第8実施例】本実施例は第6実施例のステップ616における目標ヒータ抵抗を更新しながら同様のヒータ制御を実施する。目標ヒータ抵抗の更新はヒータ温度抵抗特性を検出し、その値に基づいて更新する。ヒータ温度抵抗特性は供給電力、エンジン回転数及び吸気管圧力（吸入空気量）よりヒータ温を推定し、またその時のヒータ抵抗を検出することで得ることができる。また、第7実施例においても第4～第6実施例のようにヒータ温を推定し、全導通制御から電力制御への移行タイミングを判定する為の目標ヒータ抵抗値を更新するようにする

こともできる。

【0109】〔第9実施例〕第7実施例の電力制御はステップ609、619にて素子直流インピーダンスに応じて供給電力を可変しているが、本実施例では電力制御に移行してからの継続時間に対して供給電力を可変する。図27に継続時間に対する供給電力を示すが、これはヒータ26の昇温性能、耐熱温度等により変わる。図27には実線と破線との2つの例を示す。ここでは電力を直線的に変化させているが、曲線にしてもよい。

10 【0110】〔第10実施例〕第6実施例では、全導通制御から電力制御への移行タイミングの判定を、ヒータ冷間時（ヒータ26への通電開始時のヒータ抵抗が所定値以下の状態）はステップ606にて継続時間により行っている。本実施例ではその代わりに、素子直流インピーダンスによる判定を実施する。またさらに、素子直流インピーダンスと全導通制御継続時間の2つから判定することも可能である。

20 【0111】〔第11実施例〕図28に第11実施例のヒータ制御のタイムチャートを示す。ヒータ制御はその目的及び制御方法の違いから①～④の部分に分かれており、順にそれぞれ説明する。①は全導通制御と呼ぶこととし、ヒータ26及びセンサ素子の冷間時に最大電力をヒータ26に供給して短時間でヒータ26を初期加熱温度まで加熱する制御である。実際には100%のデューティで電圧を印加する。

【0112】②は電力制御と呼ぶこととする。これはヒータ温が目標の上限温度となる様にヒータ26に電力を供給する。ここで、定常状態ではヒータ温は供給電力から一義的に決まるため、ヒータ温度抵抗特性にばらつきがあっても、ある電力を供給すればヒータ26は全て一定の温度となる。しかしながらヒータ26とセンサ素子間の熱関係が過渡状態にある時、ヒータ温を一定にしようとした場合、センサ素子温に応じて供給電力を変える必要がある。すなわち、素子温が低い時はヒータ26からの放熱量が多くなるため、電力を多く必要とし、逆に素子温が高くなるとヒータ26からの放熱量が減るため、少なめの電力でまかなうことができる。その関係を図23に示す。これはヒータ温を1200℃に維持するのに必要な電力を示す。

40 【0113】従って、②は検出された素子直流インピーダンス（素子内部抵抗）に応じて、ヒータ26に電力を供給する。③は素子温フィードバック制御と呼ぶこととする。これは素子の活性状態を維持するための制御であり、素子直流インピーダンスが目標値ZDCD:30Ω（素子温700℃相当）になるように、ヒータ26への供給電力をフィードバック制御する。この素子温フィードバック制御中において、ヒータ26への供給電力が上限値を越えると、ヒータ26への供給電力を制限するようにしてある。

50 【0114】次に各制御の移行タイミングについて説明

する。全導通制御①から電力制御②へは、ヒータ26への実供給電力積算量が目標積算供給電力（ヒータ26への全導通による通電が開始されてからヒータ26の温度が、ヒータ26の耐熱限界温度付近の初期加熱温度：1200℃に達する様に初期ヒータ抵抗値に基づいて目標積算供給電力が設定されている）に達し、かつヒータ抵抗がヒータ抵抗学習値（後述する）に達した時に②に移行する。ここで、ヒータ抵抗温度特性の関係が図9に示すごとく大きくばらつくことを考慮して、これらのうちの様なヒータ抵抗温度特性のヒータ26を使用しても、ヒータ26の耐熱限界である1200℃を越えないように、図9のばらつき上限のヒータ抵抗温度特性に基づいて、初期ヒータ抵抗に基づく目標積算供給電力が設定されていることは勿論である。

【0115】ここで、ヒータ26への実供給電力積算量が目標積算供給電力に達するのと、ヒータ抵抗値がヒータ抵抗学習値に達するのとの双方を満足するまで、全導通制御①を持續するのは、内燃機関の初期の運転においてヒータ抵抗学習値が学習されていない状態では、ヒータ抵抗学習値の初期値を比較的小さな値に初期設定しておくことによって、供給電力積算量が目標積算供給電力に達するまでヒータ26に全導通制御①により大電力を供給するようにし、その後、ヒータ抵抗学習値が十分に学習された後は、このヒータ抵抗学習値にヒータ抵抗値が達するまでヒータ26に全導通制御①により大電力を供給するように制御するためである。ここで、①から②への移行時には、素子直流インピーダンスは、その値を検出可能な600Ω（図23参照）より十分小さな値になっているため、②の素子直流インピーダンスに応じたヒータ26への供給電力制御が直ちに実行できる。

【0116】②から③への移行タイミングは、素子直流インピーダンスが目標値ZDCDと等しい切換え設定値ZDCD1：30Ω（素子温700℃相当）に達した時である。ここで、切換え設定値ZDCD1は目標値ZDCDより若干高い値、または若干低い値に設定することもできる。また、この②から③への移行タイミングにおいて、ヒータ抵抗値を学習する。ここで、このヒータ抵抗値の学習は②から③への移行タイミングに限らず、②の電力制御の間であればヒータ温度が1200℃近辺に制御されていることからヒータ温度が1200℃近辺におけるヒータ抵抗値の学習が可能である。これによって、図9に示すごとく、ヒータ抵抗値とヒータ温度との間に製品毎や経時変化によるばらつきが生あっても、ヒータ温度が1200℃近辺におけるヒータ抵抗値の学習ができる。

【0117】このようにして学習されたヒータ抵抗値学習値に達するまで、全導通制御①によりヒータ26に大電力を供給することにより、高温で高耐久性を有する高価な温度センサを用いることなく、しかもヒータ26の耐久性を悪化させることなく、酸素センサSの早期活性

化を図ることができる。以上①から③を順に説明したが、条件によってはいずれかの制御を飛ばして次の制御を実施する場合もある。

【0118】次に図29及び図30において本実施例のマイクロコンピュータ70により128ms毎に実行されるヒータ制御フローチャートについて説明する。ステップ801ではイグニッションスイッチがONされているか否かを判断し、イグニッションスイッチがONされている時にはステップ802に進み、イグニッションスイッチがONされていない時にはステップ806に進む。ステップ802ではイニシャル終了済フラグXINITが0か否かを判断し（このイニシャル終了済フラグXINITはイグニッションスイッチ投入時に0にリセットされる）、イニシャル終了済フラグXINITが0の時にはステップ803に進み、イニシャル終了済フラグXINITが0でない時にはステップ806に進む。

【0119】ステップ803ではヒータ26に電力を供給してその時に検出されたヒータ電流IHとヒータ電圧VHとから求められたヒータ抵抗値RHを初期ヒータ抵抗値RHINTとして検出する。次のステップ804では初期ヒータ抵抗値RHINTに基づき目標積算供給電力WADTGを予めROMに記憶された図37に示す様なマップ（初期ヒータ抵抗値RHINTが大きい程、すなわち初期ヒータ温度が高い程、目標積算供給電力WADTGが少なくなり、初期ヒータ抵抗値が所定値、例えば1.9Ω以上のとき目標積算供給電力WADTGが0となるように設定されている）から検索、直線補間して求める。次のステップ805では、イニシャル終了済フラグXINITを1にセットしてからステップ806に進む。したがって、イグニッションスイッチが投入されてから一度目標積算供給電力WADTGが求められると、それ以降はステップ802で「NO」と判断されてステップ806にジャンプすることになる。

【0120】ステップ806では素子温フィードバック実施フラグXEFBが1か否かが判断され、素子温フィードバック実施フラグXEFBが1の時にはステップ840へ進んで図28の③に示す素子温フィードバック制御を実施し、素子温フィードバック実施フラグXEFBが1でない時にはステップ807へ進んで酸素センサSの内部抵抗ZDC（後述する図32のステップ822と同様に検出する）が素子温フィードバック実施温度に対応する値ZDCD1：30Ω（素子温700℃相当）以下か否かを判断し、ZDCがZDCD1以下の場合はステップ815に進み、ZDCがZDCD1以下でない場合はステップ808に進む。ステップ808ではその時に求められている実ヒータ抵抗値RHがヒータ抵抗学習値RHADP以上か否かを判断し、実ヒータ抵抗値RHがヒータ抵抗学習値RHADP以上の場合にはステップ809へ進み、実ヒータ抵抗値RHがヒータ抵抗学習値RHADP以上でない場合にはステップ810に



進んで図28の④で示す全通電制御を実行する。

【0121】また、ステップ809ではヒータ26に供給された実積算電力WADDが目標積算供給電力WADTG以上か判断し、実積算電力WADDが目標積算供給電力WADTG以上でない時にはステップ810に進み、実積算電力WADDが目標積算供給電力WADTG以上の時にはステップ820に進んで図28の⑤に示す電力制御を実行する。また、ステップ815では電力制御実施フラグXEWA Tが1か否かを判断し、電力制御実施フラグXEWA Tが1でない時にはステップ840に進み、電力制御実施フラグXEWA Tが1の時には電力制御から素子温フィードバック制御への切り替わり点であるため、ステップ830に進んでヒータ抵抗値をRHADPとして学習した後ステップ840に進む。

【0122】次に、ステップ810の全通電制御の詳細フローを図31に示す。まず、ステップ811で全通電制御実施フラグXEFPを1にセットした後、ステップ812に進んでヒータ制御回路80の制御デューティHDUTYを100%デューティで制御して、ヒータ26にバッテリー81より全電力を供給する。次いで、ステップ820の電力制御の詳細フローを図32に示す。まず、ステップ821で全通電制御実施フラグXEFPを0にリセットすると共に電力制御実施フラグXEWA Tを1にセットした後、ステップ822に進んで素子印加電圧Vneg及びセンサ電流検出回路50にて検出した負の電流Inegにより素子直流インピーダンスZDCを、 $ZDC = Vneg / Ineg$ として算出する。次のステップ823では酸素センサSの内部抵抗値ZDCに基づいて目標供給電力WHTGを予めROMに記憶された図23に示す様なマップから検索、直線補間して求める。次のステップ824では目標供給電力WHTGと現在の実際のヒータ電力WHとからWHTG/WH(%)の演算によりヒータ制御回路80の制御デューティHDUTYを設定する。

【0123】次に、ステップ830のヒータ抵抗学習の詳細フローを図33に示す。まず、ステップ831で現在のヒータ抵抗値RHが現在のヒータ抵抗学習値RHADPに対し $\pm KRHADP$ の不感帯の範囲内にあるか否かを判断し、不感帯の範囲内にある場合にはヒータ抵抗学習値RHADPを更新せずに本ルーチンを抜け、不感帯の範囲内にない場合にはヒータ抵抗学習値RHADPが所定値以上ずれているためステップ832に進んで、現在のヒータ抵抗値RHが現在のヒータ抵抗学習値RHADPより大きいと判断し、大きい場合にはステップ833に進んでヒータ抵抗学習値RHADPとして現在のヒータ抵抗値RH(電力制御実施中におけるヒータ抵抗値RHの平均値、中央値、積分値等を用いてもよい)をセットし、大きくない場合にはヒータ抵抗学習値RHADPを更新せずに本ルーチンを抜ける。ここで、ヒータ抵抗学習値RHADPはイグニッションスイッチを切っ

た後もその値が保持されるバックアップRAMに記憶するのが好ましい。

【0124】次いで、ステップ840の素子温フィードバック制御の詳細フローを図34に示す。まず、ステップ841で全通電制御実施フラグXEFP及び電力制御実施フラグXEWA Tを0にリセットした後、ステップ842に進んで素子印加電圧Vneg及びセンサ電流検出回路50にて検出した負の電流Inegにより素子内部抵抗ZDCを、 $ZDC = Vneg / Ineg$ として算出する。次のステップ843ではイグニッションスイッチをONした後の時間をカウントするカウンタのカウント値CAFONが所定値KCAFON(例えば、24.5秒)以上か否かを判断し、所定値KCAFON以上の場合にはステップ844に進み、所定値KCAFON以上でない場合にはステップ845に進む。

【0125】ステップ845ではセンサ電流検出回路50にて検出した酸素センサSの限界電流Iposにより排気ガス中の酸素濃度、すなわち、内燃機関の混合気の空燃比を検出した後、ステップ846に進む。ステップ846ではステップ845により検出された空燃比が12以上か否かを判断し、空燃比が12以上の場合にはステップ847に進み、空燃比が12以上でない場合にはステップ848に進む。

【0126】ステップ844では比例項GPと積分項GIと微分項GDとを用いて、 $GP + GI / 16 + GD$ によりヒータ制御回路80の制御デューティHDUTYを計算した後、ステップ849に進む。ステップ847では比例項GPと積分項GIとを用いて、 $GP + GI / 16$ によりヒータ制御回路80の制御デューティHDUTYを計算した後、ステップ849に進む。ここで、比例項GPは、 $GP = KP \times (ZDC - ZDCD)$ により演算され、積分項GIは、 $GI = \text{前回のGI} + KI \times (ZDC - ZDCD)$ により演算され、微分項GDは、 $GD = KD \times (\text{今回のZDC} - \text{前回のZDC})$ により演算される。ここで、KP、KI、KDは定数である。

【0127】ステップ848では前回の制御デューティHDUTYと、定数KPAと目標ヒータ抵抗値RHG( $2.1\Omega = 1020^\circ\text{C}$ 相当)とヒータ抵抗値RHとを用いて、 $\text{前回のHDUTY} + KPA \times (RHG - RH)$ によりヒータ制御回路80の制御デューティHDUTYを計算した後、ステップ849に進む。ここで、空燃比が12以上でない場合にステップ848において、素子温フィードバック制御をせずに、ヒータ抵抗フィードバック制御を実行するのは、空燃比が12以上でない場合には酸素センサSの特性上、ステップ844、847による比例、積分、微分を用いた素子温フィードバック制御が困難であるためである。そして、ステップ849では素子温フィードバック制御中におけるヒータ26の供給電力が上限値以上にならないようにガード処理する。

【0128】次いで、ステップ849の供給電力ガード

処理の詳細フローを図35に示す。まず、ステップ8471で素子温フィードバック制御中の設定フィードバック電力WHFBをその時のヒータ電力WHと制御デューティHDUTYとを乗算して求めた後、ステップ8472に進む。ステップ8472では設定フィードバック電力WHFBが素子温フィードバック制御中の上限ガード電力WGD以下か否かを判断し、WHFBがWGD以下でない場合にはステップ8473に進み、WHFBがWGD以下の場合にはステップ8474に進む。ステップ8473では設定フィードバック電力WHFBを上限ガード電力WGDに設定した後、供給電力ガード処理を終了する。

【0129】ステップ8474ではヒータ抵抗RHがヒータ抵抗学習値RHADPから定数KRHFBを減算した値より大きいのか否かを判断し、ヒータ抵抗RHがヒータ抵抗学習値RHADPから定数KRHFBを減算した値より大きい場合にはステップ8475に進み、ヒータ抵抗RHがヒータ抵抗学習値RHADPから定数KRHFBを減算した値より大きくない場合には供給電力ガード処理を終了する。ステップ8475では前回の制御デューティHDUTYから定数KHDFBを減算して今回の制御デューティHDUTYとする。

【0130】次に、ヒータ26の制御周期(128ms)ごとに実行されるヒータ演算値処理を図36において説明する。まず、ステップ851で電流検出抵抗82にてヒータ電流値IHを検出した後、次のステップ852でヒータ電圧VHを検出する。次のステップ853ではヒータ電圧VHをヒータ電流値IHで除算してヒータ抵抗値RHを求め、次のステップ854でヒータ電圧VHとヒータ電流値IHとを乗算して今回のヒータ供給電力WHを求めた後、次のステップ855で前回の実ヒータ供給電力積算値WADDに今回のヒータ供給電力WHを加算して今回の実ヒータ供給電力積算値WADDを求める。そして、これらの求められた値が図29～図35において適宜用いられる。

【0131】〔第12実施例〕上述した第11実施例では、酸素センサSの素子自体は冷えていないのにヒータ26が冷えている状態、例えば、排気温で酸素センサSの素子部分は温まっていて、素子温フィードバック制御によりヒータ電力が少ない状態で制御されている時に内燃機関を停止し、その直後に内燃機関を再始動したとき等には、ヒータ初期抵抗値RHINTのみで目標積算供給電力WADTGを決めると、素子が異常高温となり、素子破壊に至る可能性がある。そこで、空燃比の検出を必要としない初期に素子温とヒータ温を検出し、その値から目標積算供給電力WADTGを決める。さらに、初期素子温が所定値以上のときには全導通制御Φを禁止することにより、素子の耐久性をより向上したものである。

【0132】また、ヒータ温が目標温度となるために必

要な積算供給電力は基本的には一定であるが、ヒータ26の放熱作用により、ヒータ温を目標温度とするために必要な積算供給電力は変わってくる。ここで、ヒータ26の放熱量はヒータ温と素子温との差と電力供給時間との積により求められる。また、ヒータ26に印加されるバッテリー81の電圧が低いと、ヒータ26に供給される電力が低くなるため、全電力供給時間を長く必要とする。そこで、ヒータ初期抵抗値RHINTによって求められた目標積算供給電力WADTGを、ヒータ温、素子温、全電力供給時間、バッテリー電圧(ヒータ電圧)の組合せ(いずれか1つでもよい)で補正することが有効となる。

【0133】以下本実施例のマイクロコンピュータ70により実行されるヒータ制御のフローチャートを図39～図42により前述した第11実施例と相違する部分についてのみ説明する。上記第11実施例における図31～図35のフローチャートは本実施例も同じものが用いられる。図39は図29の代わりに用いられるもので、ステップ803の後に、ステップ816に進んで、酸素センサSに負バイアス電圧Vnegを印加した後、ステップ817に進んで温度電流Inegを検出し、次のステップ818で初期素子インピーダンスZDCを、 $ZDC = Vneg / Ineg$ として算出した後、ステップ804に進む。

【0134】ステップ804では、初期ヒータ抵抗値RHINTおよび初期素子インピーダンスZDCに基づき初期目標積算供給電力WADTGを予めROMに記憶された図43に示す様なマップ(初期ヒータ抵抗値RHINTが大きい程、すなわち初期ヒータ温度が高い程、初期目標積算供給電力WADTGが少なくなり、また、初期素子インピーダンスZDCが小さい程、すなわち初期素子温度が高い程、初期目標積算供給電力WADTGが少なくなり、初期素子温度が所定値、例えば100Ω以下のとき初期目標積算供給電力WADTGが0となるように設定されている)から検索、直線補間して求める。

【0135】図40は図30の代わりに用いられるもので、ステップ807で $ZDC \leq ZDCD1$ でないと判断されるとステップ811に進んで初期目標積算供給電力WADTGが0か否かを判断し、初期目標積算供給電力WADTGが0でないと判断するとステップ808に進み、初期目標積算供給電力WADTGが0であると判断するとステップ820に進んで電力制御を実行してステップ810の全通電制御の実行を強制的に禁止する。また、ステップ809では実積算電力WADD $\geq$ 補正後目標積算供給電力WADTG<sub>V</sub>か否かを判断する。

【0136】図41、図42は図36の代わりに用いられるもので、ステップ855の後にステップ856に進んで、初期目標積算供給電力WADTGが下限目標積算供給電力KWADTG以上か否かを判断する。ステップ856で、初期目標積算供給電力WADTGが下限目標



積算供給電力KWADTG以上であると判断されるとステップ857に進み、初期目標積算供給電力WADTGが下限目標積算供給電力KWADTG以上でないと判断されるとステップ865に進む。

【0137】ステップ857では全通電制御フラグが1か否かを判断し、全通電制御フラグが1であると判断するとステップ858に進み、全通電制御フラグが1でないと判断するとステップ865に進む。ステップ858では、イグニッションスイッチをONしてから3秒経過したか否かを判断し、イグニッションスイッチをONして

から3秒経過したと判断するとステップ859に進み、イグニッションスイッチをONしてから3秒経過していないと判断するとステップ865に進む。  
【0138】ステップ859ではガード外フラグXEFPHが0か否かを判断し、ガード外フラグXEFPHが0であると判断するとステップ860に進み、ガード外フラグXEFPHが0でないと判断するとステップ865に進む。このガード外フラグXEFPHはイグニッションスイッチの投入時に0にリセットされている。ステップ860では現在のバッテリー電圧（ヒータ電圧）VH、現在のヒータ抵抗RH、現在の素子インピーダンスZDCに応じて目標積算供給電力更新量WADTGHを、予めROMに記憶されたマップから検索、直線補間して求める。ここで、バッテリー電圧（ヒータ電圧）VHに対する目標積算供給電力更新量は図44に示すごとく、バッテリー電圧VHが高くなる程、少なくなるように設定され、また、図45に示すごとく、ヒータ温と素子温との差が大きくなる程、目標積算供給電力更新量が多くなるように設定されている。

【0139】次のステップ861では前回の目標積算供給電力補正量WADTGHに目標積算供給電力更新量WADTGHを加算して今回の目標積算供給電力補正量WADTGHを求めた後、ステップ862に進む。ステップ862では今回の目標積算供給電力補正量WADTGHが下限目標積算供給電力補正量KWADTGHと上限目標積算供給電力補正量KWADTGHとの範囲内にあるか否かを判断し、今回の目標積算供給電力補正量WADTGHが下限目標積算供給電力補正量KWADTGHと上限目標積算供給電力補正量KWADTGHとの範囲内にあると判断すると、ステップ863に進み、範囲内にないと判断すると、ステップ864に進む。ステップ863では初期目標積算供給電力WADTGに今回の目標積算供給電力補正量WADTGHを加算して補正目標積算供給電力WADTGVを算出した後、ステップ866に進んでガード外フラグXEFPHを0にリセットして本ルーチンを抜ける。

【0140】このように、全導通制御期間の間、演算周期の128ms毎にステップ861で目標積算供給電力補正量WADTGHが目標積算供給電力更新量WADTGHを用いて加算更新され、この加算更新された目標積

算供給電力補正量WADTGHを用いて目標積算供給電力WADTGを補正することにより、バッテリー電圧（ヒータ電圧）と、ヒータ温と素子温との差と、全電力供給期間とに応じて目標積算供給電力WADTGVが補正されることになる。ここで、図44、図45のマップは必ずしも双方を使用しなくても、いずれか一方のみを使用しても目標積算供給電力の補正効果はある程度得られる。

【0141】ステップ864ではガード外フラグXEFPHを1にセットした後、ステップ865に進んで補正目標積算供給電力WADTGVを初期目標積算供給電力WADTGに設定して本ルーチンを抜ける。なお、第12実施例において、図39の代わりに第11実施例の図29のフローチャートを用いる、または、図41、42の代わりに第11実施例の図36のフローチャートを用いる、のいずれかにしてもよい。

【0142】〔その他の実施例〕なお、上述した各実施例においては、ヒータ抵抗や素子内部抵抗によりヒータ温や素子温を推定するようにしたが、ヒータ温や素子温を温度センサにより検出するようにしてもよい。ただし、1200°以上の高温が検出可能で高耐久性を持つ高価な熱電対式の温度センサを使用する必要がある。

【0143】また、上述した各実施例においては、ヒータ26への通電開始時に100%の全電力をヒータ26へ供給するようにしたが、80～100%の範囲のうちの全電力近傍の電力をヒータ26に供給するようにすればよい。また、図30、図40のステップ820における電力制御は、図32における素子インピーダンスZDCに応じたヒータ電力制御に限らず、前述した第1～第10実施例で説明したとき、図4の②で示すようなヒータ温上限ホールド制御、図11の定電力制御、図22の②、③の電力制御のいずれかを用いてヒータ電力を制御するようにしてもよく、また、特開昭61-132851号公報に記載されるように機関回転数と吸気管圧力（または吸入空気量）に基づいてマップにより目標電力を求めて、ヒータ温が1200°近傍になるようにヒータ電力を制御するようにしてもよい。また、これらのヒータ電力制御によってヒータ温が1200°近傍になるよう制御されるため、図30、図40のステップ840の素子温フィードバック制御は省略することもできる

（素子温フィードバック制御を用いた方が素子温を良好に所定値に保つことができることは勿論である）。

【0144】また、第11、12実施例の目標積算供給電力に基づく全電力供給制御は、第1～第10実施例の各全電力供給制御と組み合わせて使用するようにしてもよい。

〔実施例と発明との対応〕なお、センサ電流検出回路50、ステップ104、ステップ203、822、842が本発明の素子温検出手段及び素子抵抗検出手段に相当し、電流検出抵抗82、ステップ104、ステップ20

6、853が本発明のヒータ温検出手段及びヒータ抵抗検出手段に相当し、ステップ205が本発明のヒータ電圧検出手段およびヒータ電流検出手段に相当し、ステップ106、111、204、211、840、1050が本発明の素子温応動通電制御手段に相当し、ステップ107、107'、108、207、207'、208、307、810、1070が本発明の全電力供給手段に相当し、ステップ107、107'、207、207'が本発明の初期加熱温度検出手段に相当し、ステップ307が本発明のタイマー手段に相当する。

【0145】また、ステップ107、107'、108、110が本発明の電力制御手段としてのヒータ温応動通電制御手段及びヒータ温フィードバック制御手段に相当し、ステップ213~215、217が本発明の電力制御手段としてのヒータ温応動通電制御手段及びヒータ定電力制御手段に相当し、ステップ105、113、114が本発明の素子温フィードバック中断手段に相当し、ステップ115、118が本発明の素子温応動電圧印加中止手段に相当し、ステップ116、116'、118が本発明のヒータ温応動電圧印加中止手段に相当し、ステップ212、219、220が本発明の初期デューティ設定手段に相当し、ステップ222、222'、223が本発明のデューティ急減手段に相当し、ステップ214、215が本発明のデューティ漸増手段に相当する。

【0146】また、ステップ401~415が本発明のヒータ温度推定手段に相当し、ステップ401~407が本発明の定常時ヒータ温度決定手段に相当し、ステップ408が本発明の時定数決定手段に相当し、ステップ413が本発明のヒータ温度演算手段に相当し、ステップ501~512、507'、520~527、520'、523'が本発明の目標抵抗値算出手段に相当し、ステップ503が本発明のヒータ抵抗演算手段に相当し、ステップ1030が本発明の電力制御手段に相当し、ステップ611、621が本発明の電力制御手段としての一定電力供給手段に相当し、ステップ609、614、619、820が本発明の電力制御手段としての素子温応動電力供給手段に相当し、ステップ605、606、616、701~706が本発明の判定手段に相当する。

【0147】さらに、ステップ803が本発明のヒータ抵抗値検出手段に相当し、ステップ804が本発明の目標積算供給電力設定手段に相当し、ステップ808が本発明のヒータ抵抗値判断手段に相当し、ステップ809が本発明の積算電力到達判断手段に相当し、ステップ830が本発明のヒータ抵抗学習手段に相当し、ステップ849が本発明の電力制限手段に相当し、ステップ855が本発明の実積算電力演算手段に相当し、ステップ818が本発明の初期素子温検出手段に相当し、ステップ804、811が本発明の全電力供給禁止手段に相当

し、ステップ856~ステップ866が本発明の目標積算供給電力補正手段に相当する。

【0148】

【発明の効果】これにより、通電初期にヒータ温が所定の初期加熱温度になるまで全電力近傍の電力をヒータに供給すると共に、その後、ヒータ温が所定値になるようにヒータへの通電を制御することで、ヒータの断線を防止しつつ、短時間で酸素センサを活性化することができるのみならず、酸素センサの素子温が所定値に達した後には、素子温に応じてヒータへの通電を制御することで、排気温度等の周囲環境の影響を受けることなく、酸素センサの活性状態を維持することができると共に、素子の破損も防止することができ、ヒータ並びに素子の耐久性が優れたものを得ることができるという優れた効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】特許請求の範囲の記載に対する対応図である。

【図2】本発明の第1実施例を示すブロック回路図である。

20 【図3】(A)は図2の酸素センサのセンサ本体の拡大断面図であり、(B)は当該酸素センサの限界電流-電圧特性を温度をパラメータとして示すグラフである。

【図4】上記第1実施例の作動説明に供するタイムチャートである。

【図5】図2のマイクロコンピュータの作用を示すフローチャートである。

【図6】素子温と素子直流インピーダンスとの関係を示す特性図である。

30 【図7】ヒータ温とヒータ抵抗との関係を示す特性図である。

【図8】本発明の第2実施例におけるマイクロコンピュータの作用を示すフローチャートである。

【図9】ヒータ温とヒータ抵抗との関係を示す特性図である。

【図10】ヒータ温と供給電力との関係を示す特性図である。

【図11】上記第2実施例の作動説明に供するタイムチャートである。

40 【図12】本発明の第3実施例におけるマイクロコンピュータの作用を示すフローチャートである。

【図13】本発明の第4実施例におけるマイクロコンピュータの作用を示すフローチャートである。

【図14】定常ヒータ温度マップを示す図である。

【図15】電力補正ヒータ温度マップを示す図である。

【図16】時定数マップを示す図である。

【図17】(a)、(b)は上記第4実施例を適用した場合の図5の相違部分を示すフローチャートであり、

(c)、(d)は上記第4実施例を適用した場合の図12の相違部分を示すフローチャートである。

50 【図18】本発明の第5実施例におけるマイクロコンピ

ュータの作用を示すフローチャートである。

【図 19】本発明の第 5 実施例におけるマイクロコンピュータの作用を示すフローチャートである。

【図 20】本発明の第 6 実施例におけるマイクロコンピュータの作用を示すフローチャートである。

【図 21】本発明の第 6 実施例におけるマイクロコンピュータの作用を示すフローチャートである。

【図 22】本発明の第 7 実施例の作動説明に供するタイムチャートである。

【図 23】ヒータを 1200°C に保持するのに必要な供給電力を示す特性図である。

【図 24】本発明の第 7 実施例におけるマイクロコンピュータの作用を示すフローチャートである。

【図 25】本発明の第 7 実施例におけるマイクロコンピュータの作用を示すフローチャートである。

【図 26】本発明の第 7 実施例におけるマイクロコンピュータの作用を示すフローチャートである。

【図 27】電力制御継続時間に対する供給電力を示す特性図である。

【図 28】本発明の第 11 実施例の作動説明に供するタイムチャートである。

【図 29】本発明の第 11 実施例におけるマイクロコンピュータの作用を示すフローチャートである。

【図 30】本発明の第 11 実施例におけるマイクロコンピュータの作用を示すフローチャートである。

【図 31】本発明の第 11 実施例におけるマイクロコンピュータの全通電制御の作用を示すフローチャートである。

【図 32】本発明の第 11 実施例におけるマイクロコンピュータの電力制御の作用を示すフローチャートである。

【図 33】本発明の第 11 実施例におけるマイクロコンピュータのヒータ抵抗学習ルーチンの作用を示すフローチャートである。

【図 34】本発明の第 11 実施例におけるマイクロコンピュータの素子温フィードバック制御の作用を示すフローチャートである。

\*

【図 14】

| PM<br>NE<br>(rpm) | 200 | 400 | 600 |
|-------------------|-----|-----|-----|
| 1000              | 683 | 709 | 736 |
| 2000              | 709 | 762 | 814 |
| 3000              | 736 | 814 | 893 |

\* 【図 35】本発明の第 11 実施例におけるマイクロコンピュータの供給電力ガード処理の作用を示すフローチャートである。

【図 36】本発明の第 11 実施例におけるマイクロコンピュータのヒータ演算値処理の作用を示すフローチャートである。

【図 37】ヒータ抵抗初期値に対する目標積算供給電力を示す特性図である。

【図 38】バイアス制御回路の詳細構成を示す電気回路図である。

【図 39】本発明の第 12 実施例におけるマイクロコンピュータの作用を示すフローチャートである。

【図 40】本発明の第 12 実施例におけるマイクロコンピュータの作用を示すフローチャートである。

【図 41】本発明の第 12 実施例におけるマイクロコンピュータのヒータ演算値処理の作用を示すフローチャートである。

【図 42】本発明の第 12 実施例におけるマイクロコンピュータのヒータ演算値処理の作用を示すフローチャートである。

【図 43】ヒータ抵抗初期値及び素子初期インピーダンスに対する目標積算供給電力を示す特性図である。

【図 44】バッテリー電圧に対する目標積算供給電力更新量を示す特性図である。

【図 45】ヒータ温-素子温に対する目標積算供給電力更新量を示す特性図である。

【符号の説明】

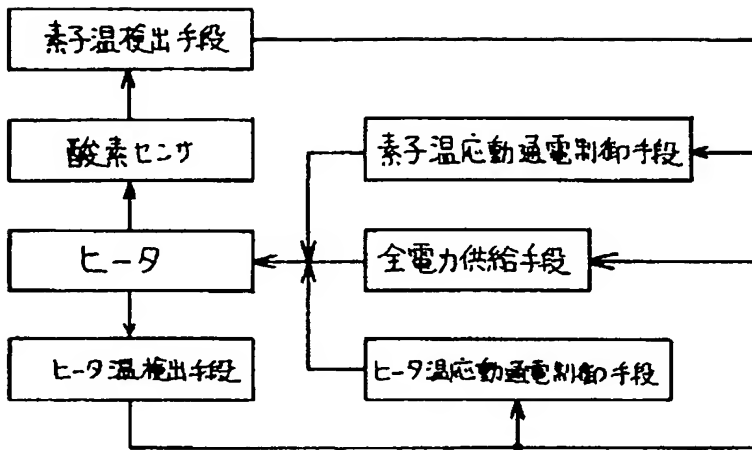
S 酸素センサ  
20 センサ本体  
26 ヒータ  
40 バイアス制御回路  
50 センサ電流検出回路  
70 マイクロコンピュータ  
80 ヒータ制御回路  
81 バッテリー  
82 電流検出抵抗。

【図 16】

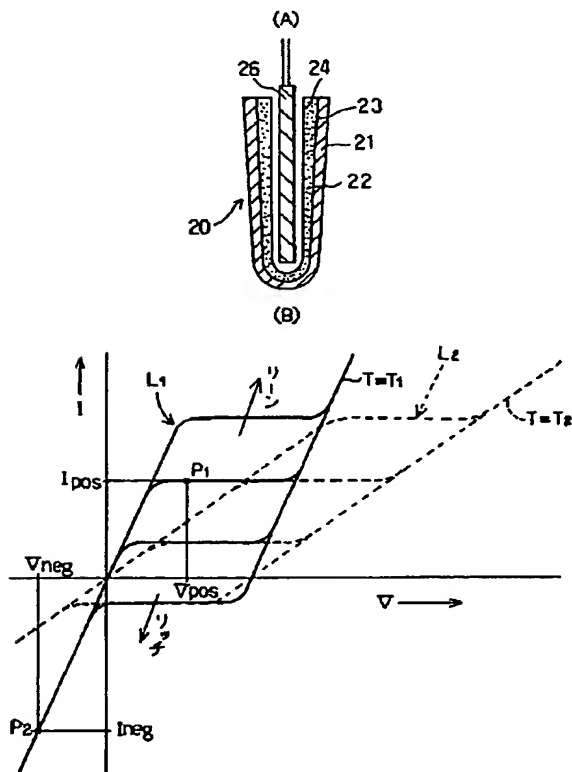
時定数マップ

| NE * PM<br>( $\times 10^5$ ) | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  |
|------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 時定数 $\tau_1$                 | 168 | 155 | 142 | 128 | 115 | 102 |
| 時定数 $\tau_2$                 | 26  | 24  | 22  | 20  | 18  | 16  |

【図 1】



【図 3】



【図 6】

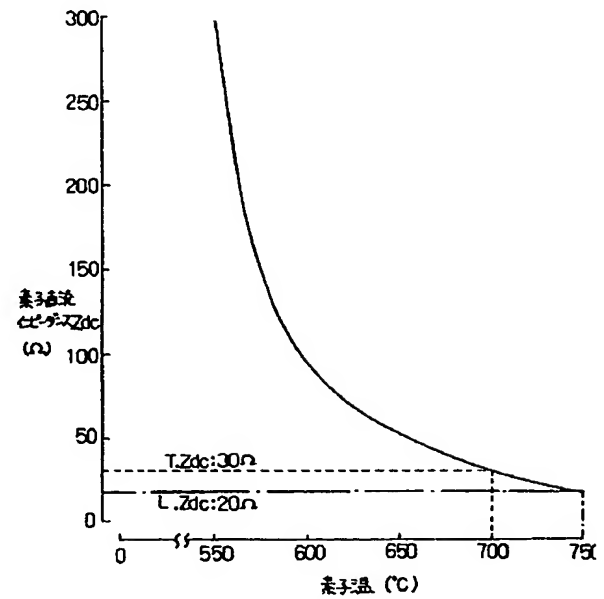
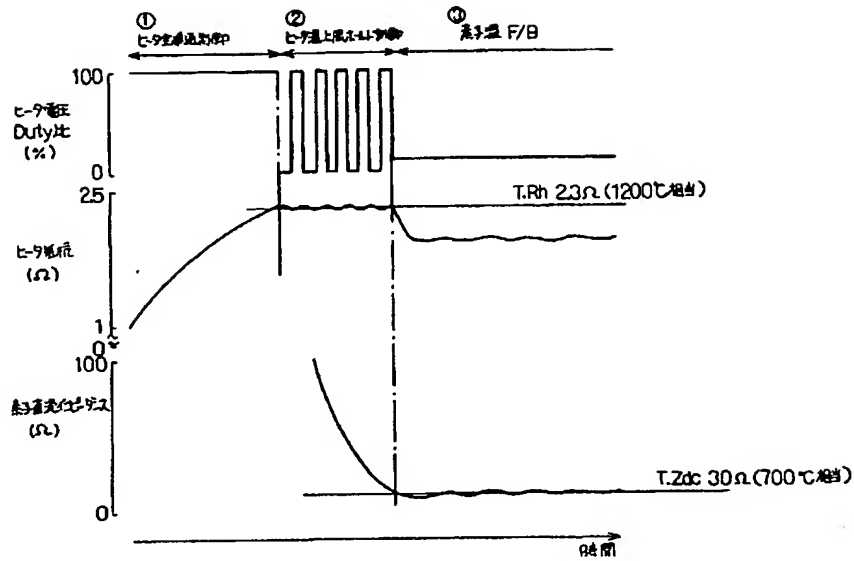


Figure 1 is a schematic diagram of an engine control system. The diagram shows a cross-section of an engine block (10) with a valve mechanism (20, 21, 22, 23, 24, 26, 30, 31, 41a, 42a, 11a). A sensor (40) is mounted on the valve mechanism, connected to a switch circuit (43) and a sensor output circuit (50). The switch circuit (43) is connected to a microcomputer (70) via an A-D converter (60). The microcomputer (70) is connected to an ECU (90), which outputs an internal combustion signal (内燃機情報). The sensor output circuit (50) is connected to a heater control circuit (ヒータ制御回路, 80) and a power source (81). The heater control circuit (80) is connected to a heater (82).

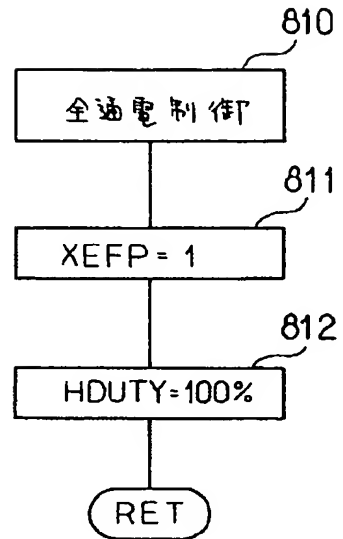
Legend:

- S... 酸素センサ (Oxygen sensor)
- 20... センサ本体 (Sensor body)
- 40... バイパス制御回路 (Bypass control circuit)
- 50... 電流検出回路 (Current detection circuit)

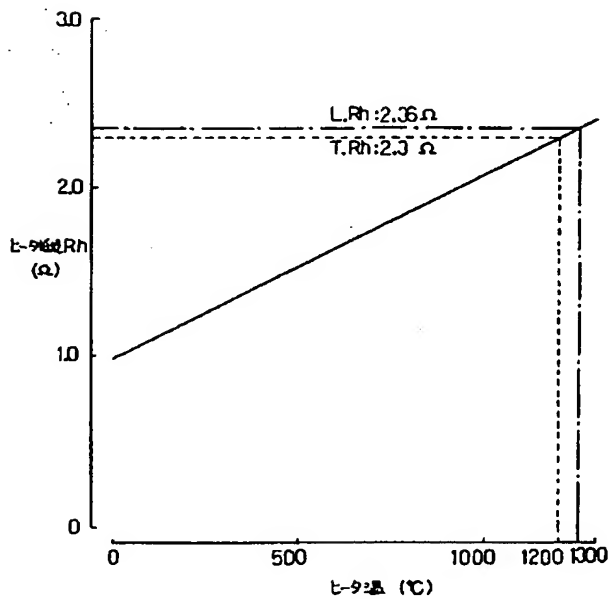
【図4】



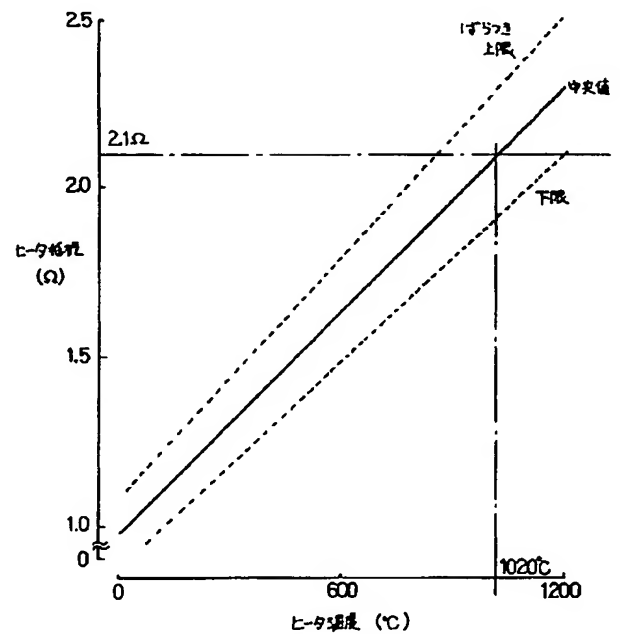
【図31】



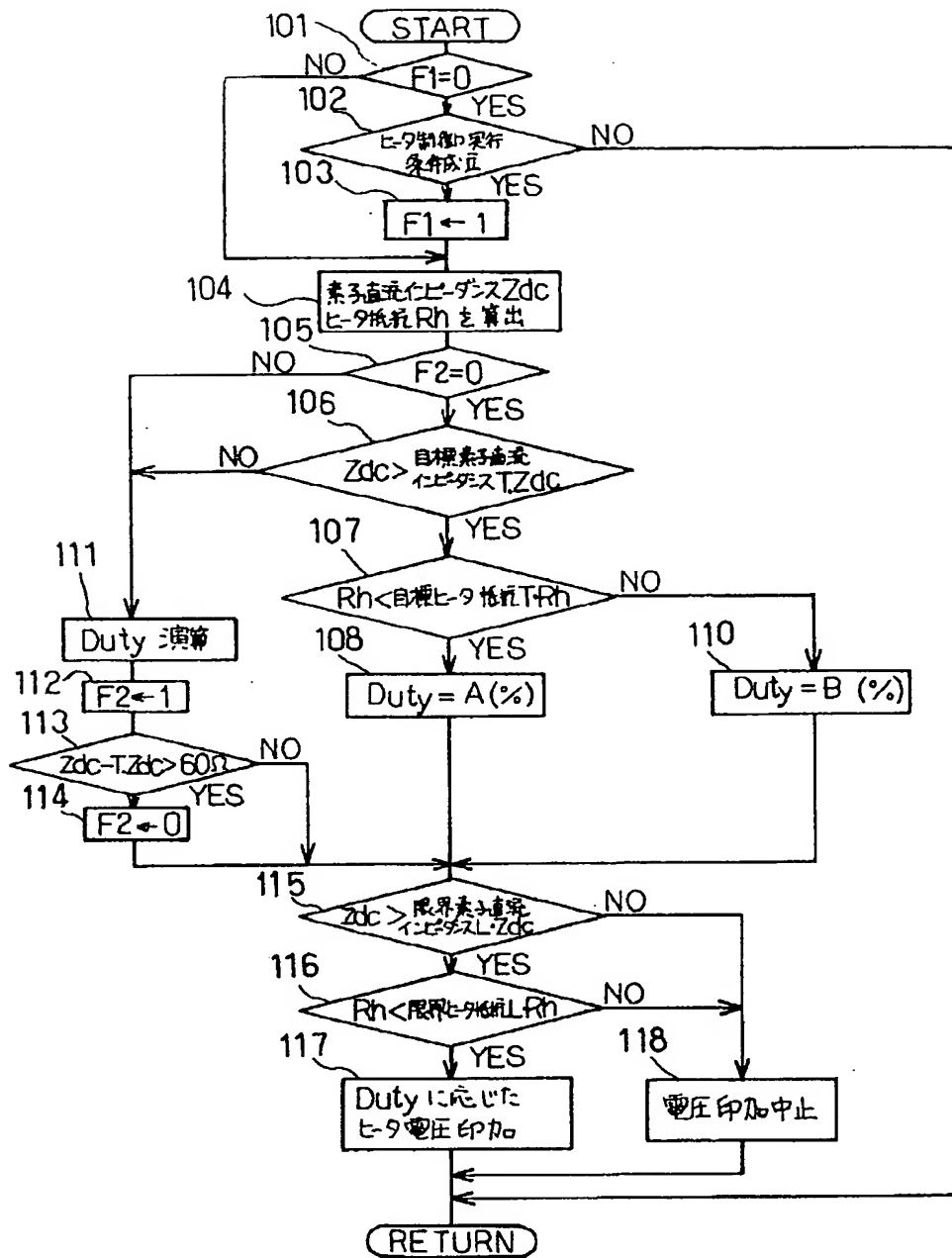
【図7】



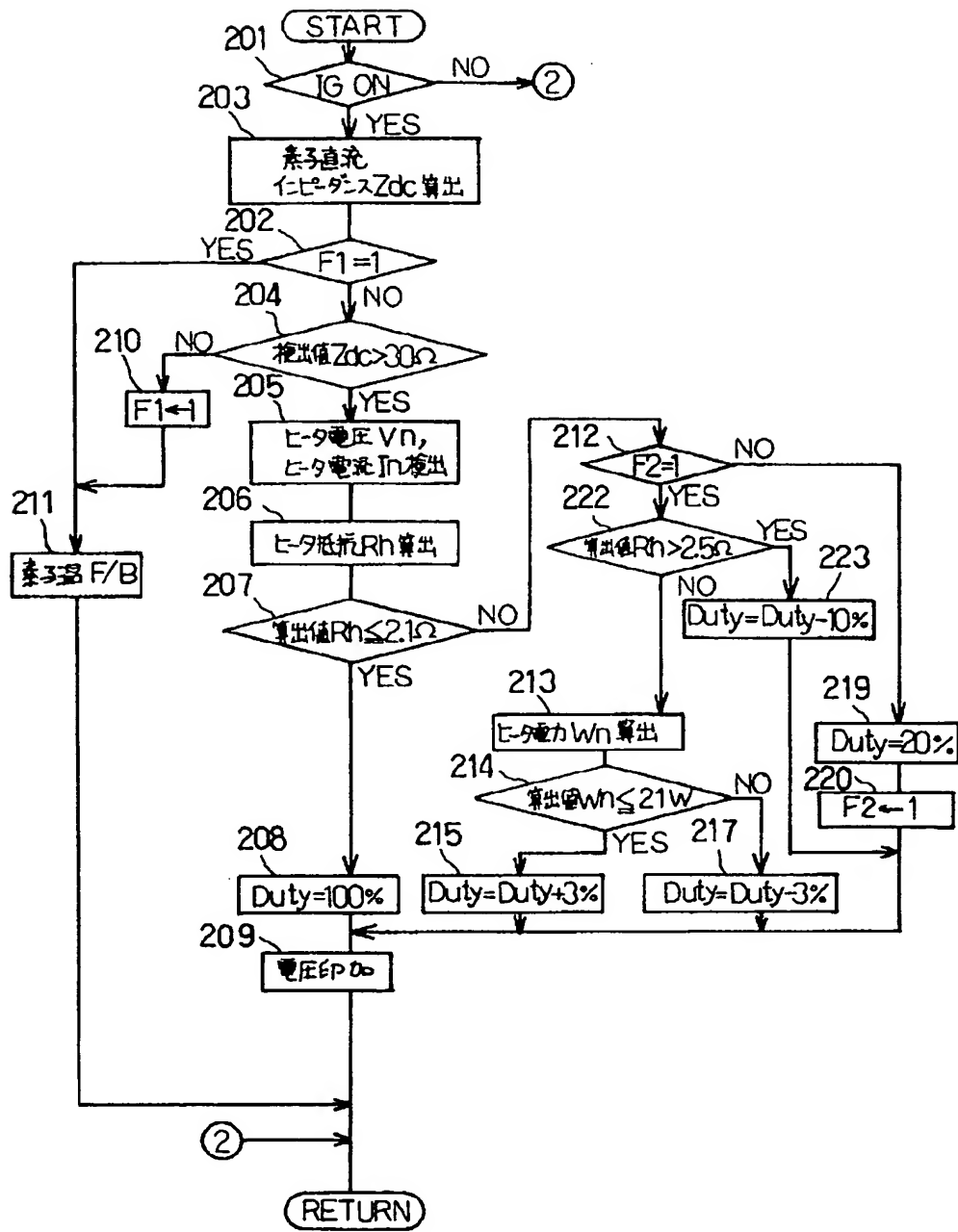
【図9】



【図5】

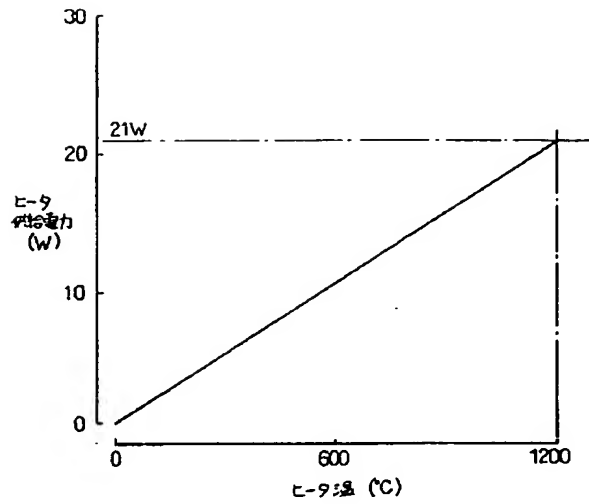


【図8】

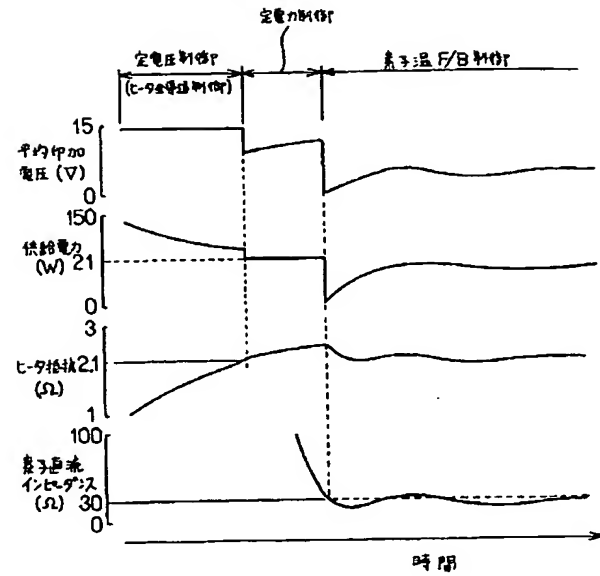




【図10】



【図11】



【図15】

5w

| PM<br>NE (rpm) | 200  | 400  | 600  |
|----------------|------|------|------|
| 1000           | -142 | -137 | -132 |
| 2000           | -137 | -127 | -118 |
| 3000           | -132 | -118 | -104 |

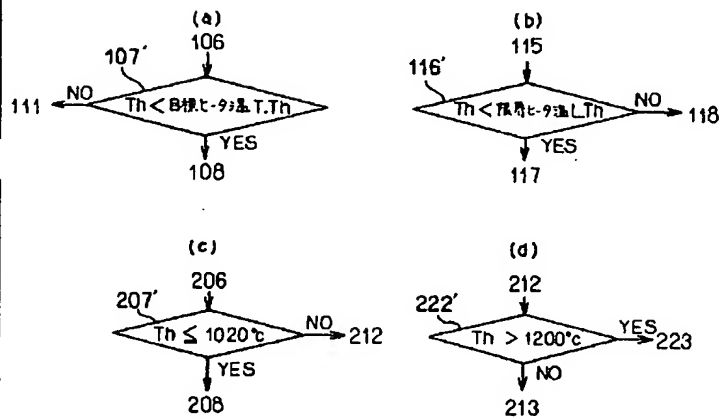
15w

| PM<br>NE (rpm) | 200 | 400 | 600 |
|----------------|-----|-----|-----|
| 1000           | 142 | 137 | 132 |
| 2000           | 137 | 127 | 118 |
| 3000           | 132 | 118 | 104 |

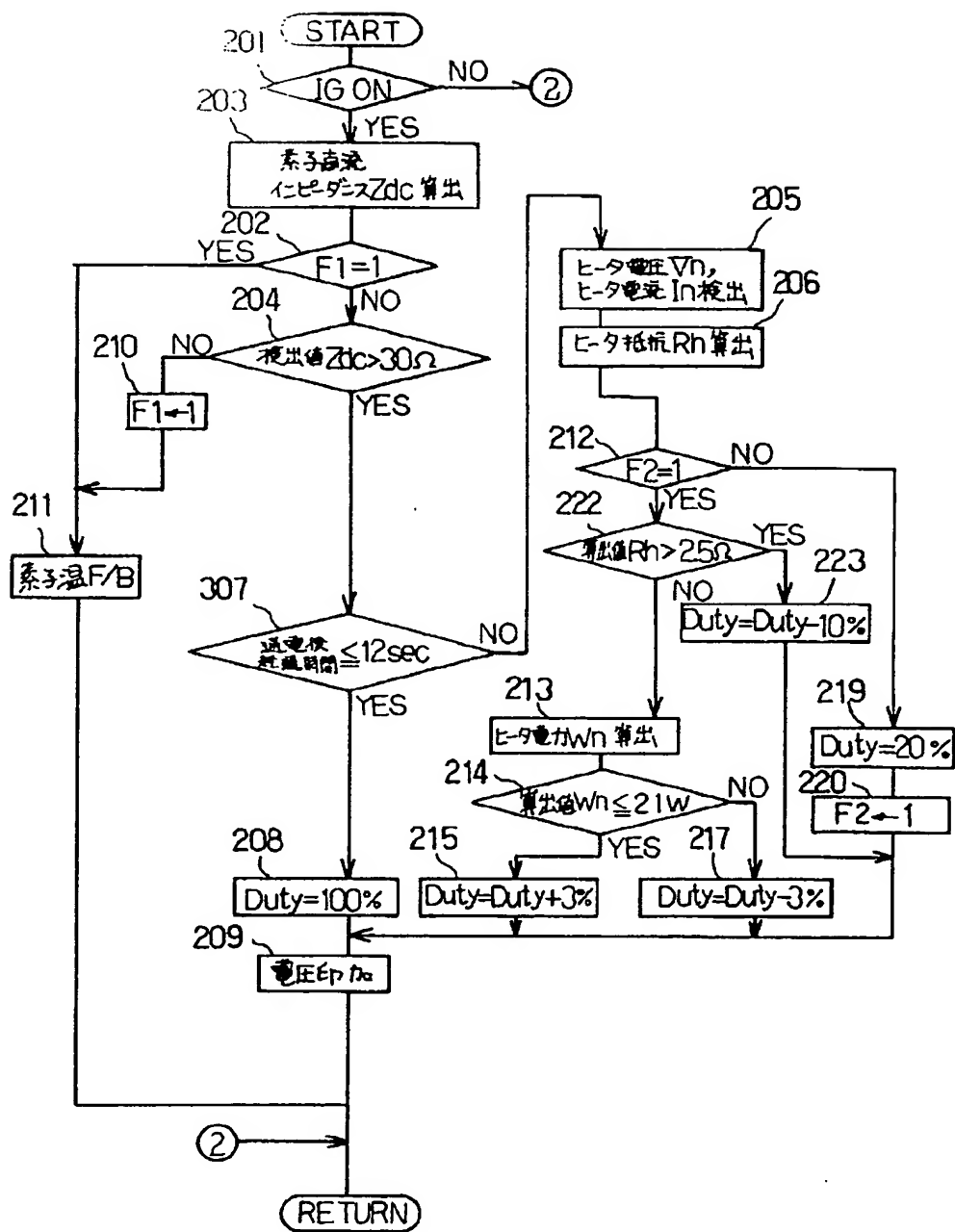
25w

| PM<br>NE (rpm) | 200 | 400 | 600 |
|----------------|-----|-----|-----|
| 1000           | 409 | 395 | 382 |
| 2000           | 395 | 368 | 343 |
| 3000           | 382 | 343 | 305 |

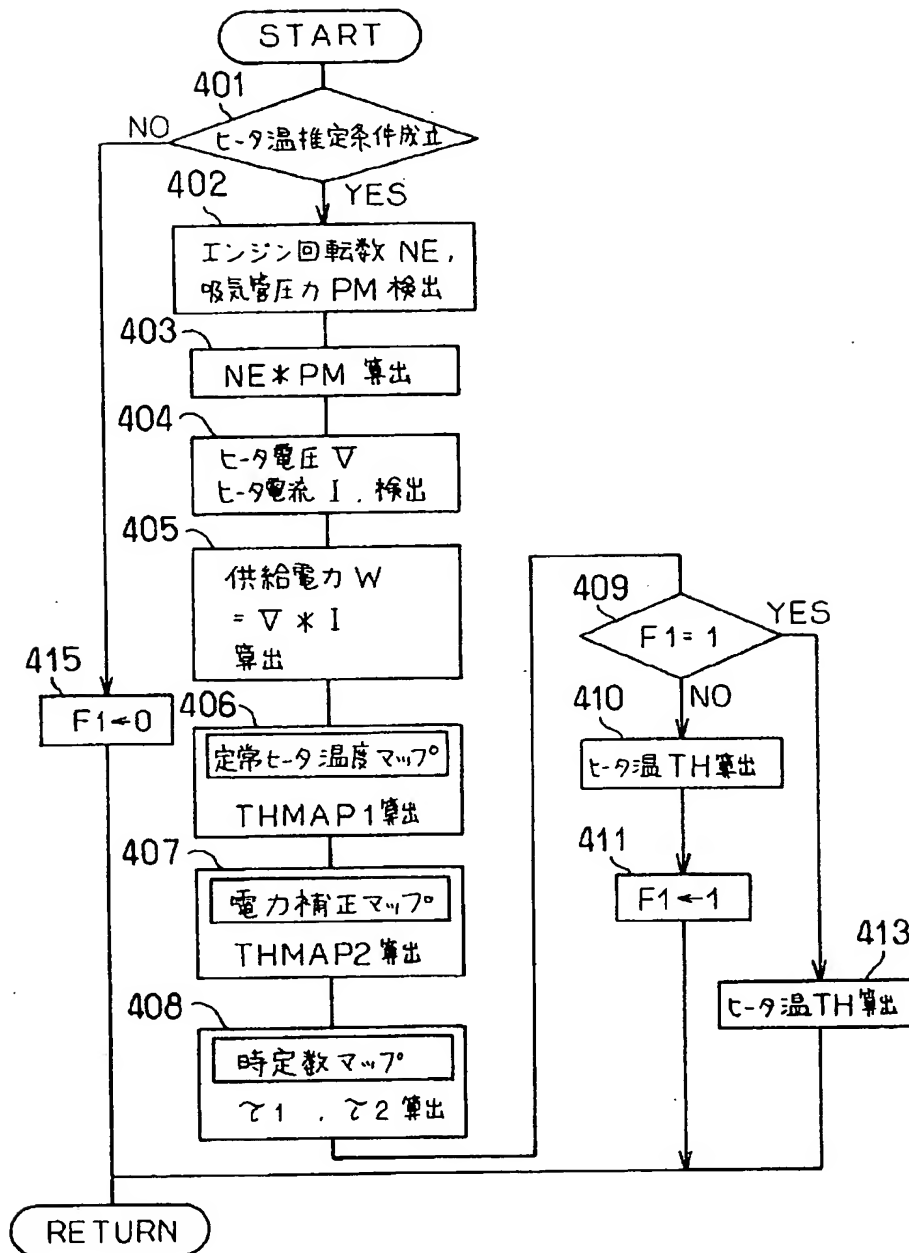
【図17】



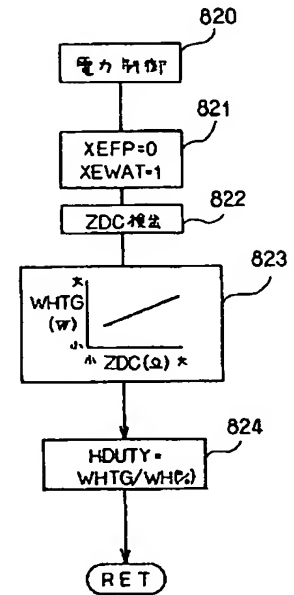
【図12】



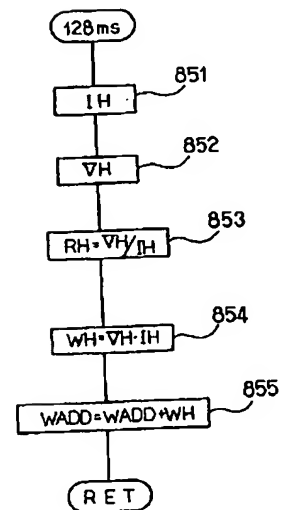
〔図13〕



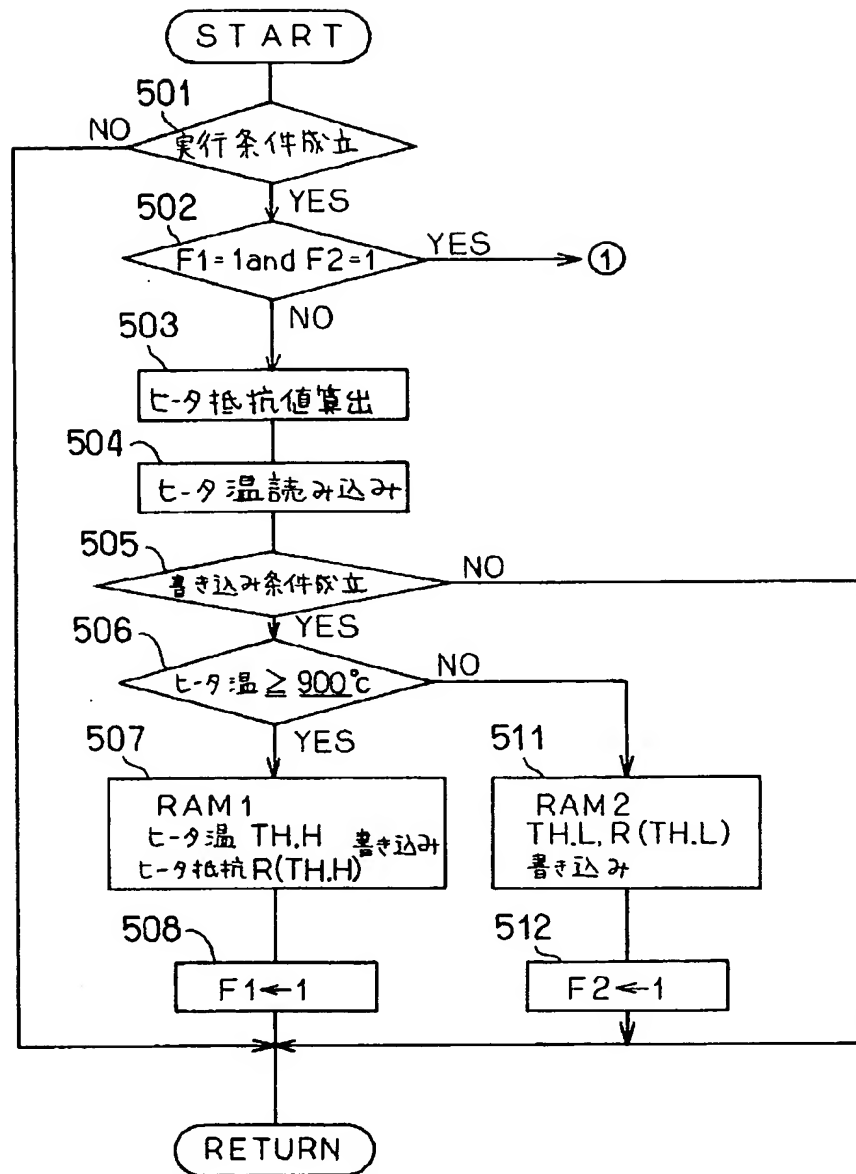
〔図32〕



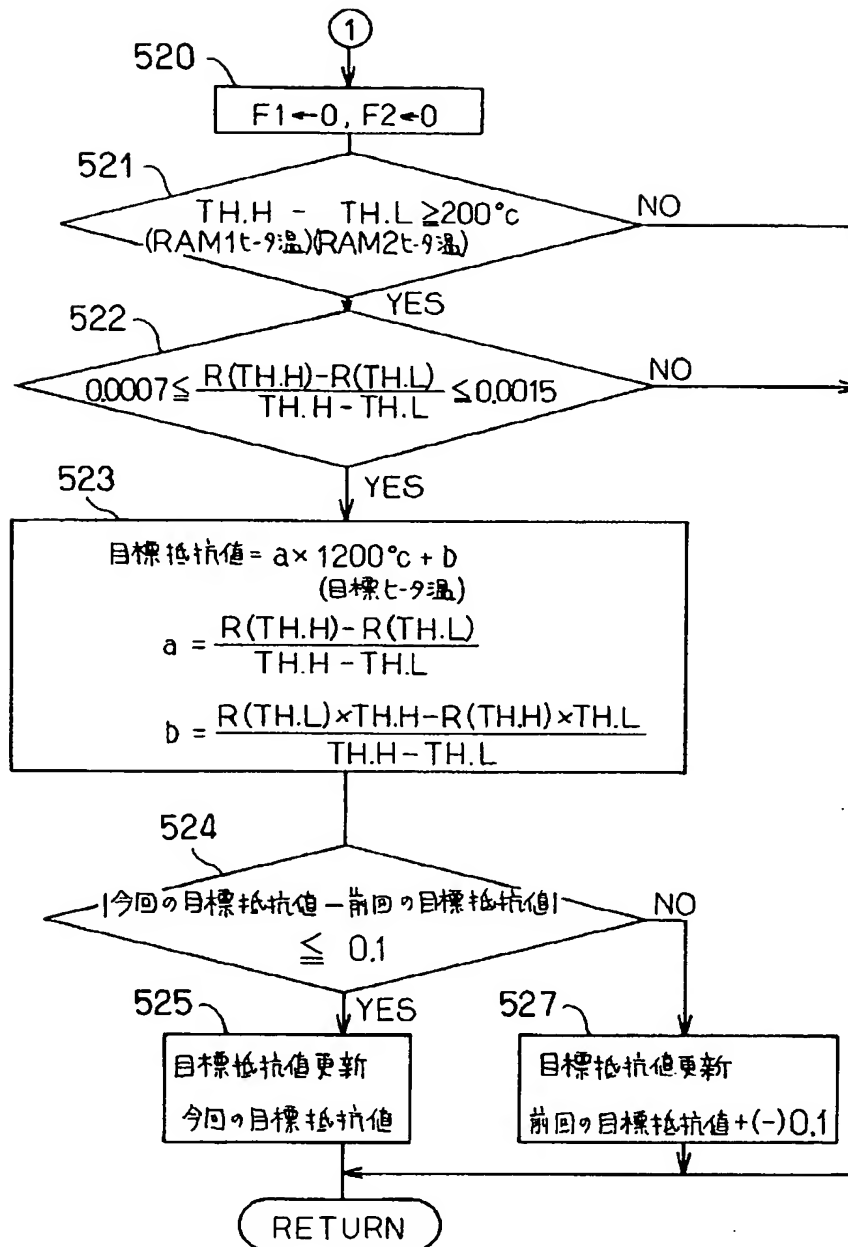
〔図36〕



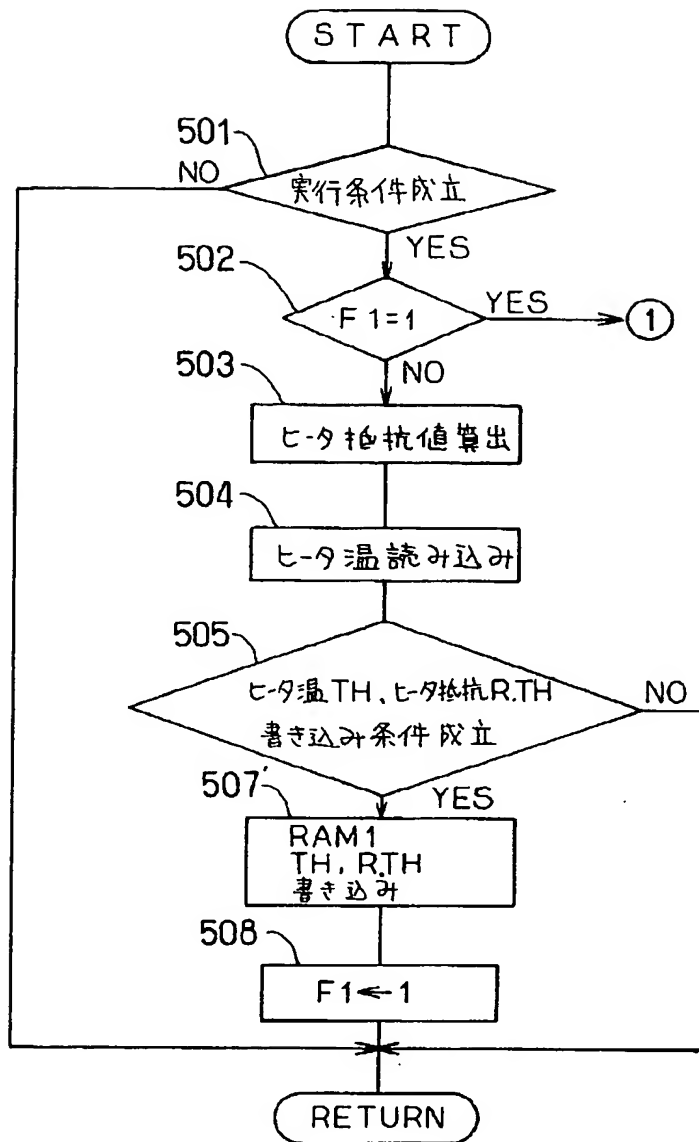
【図18】



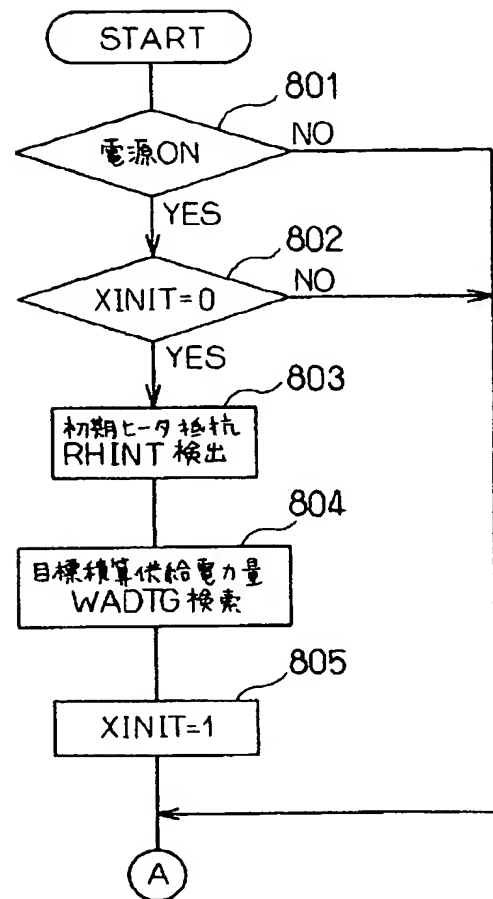
【図19】



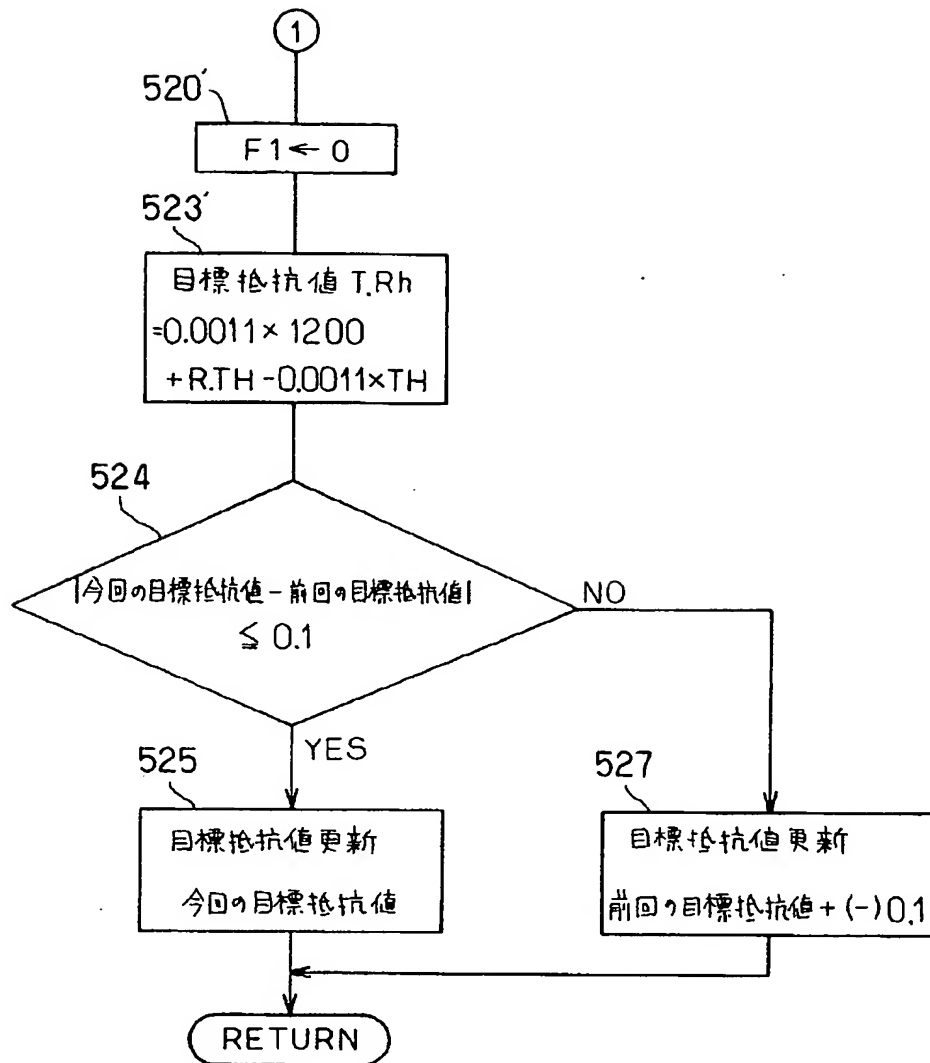
【図20】



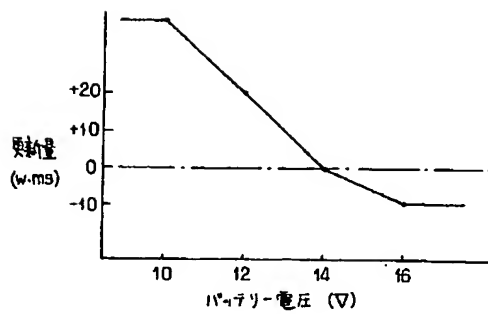
【図29】



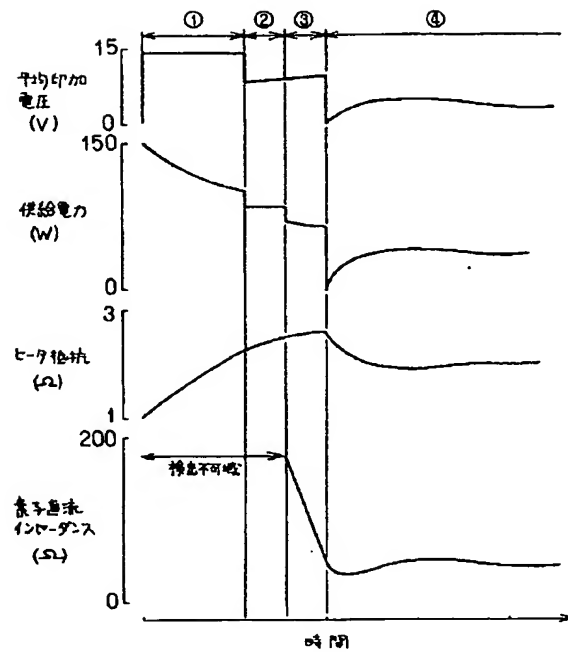
【図21】



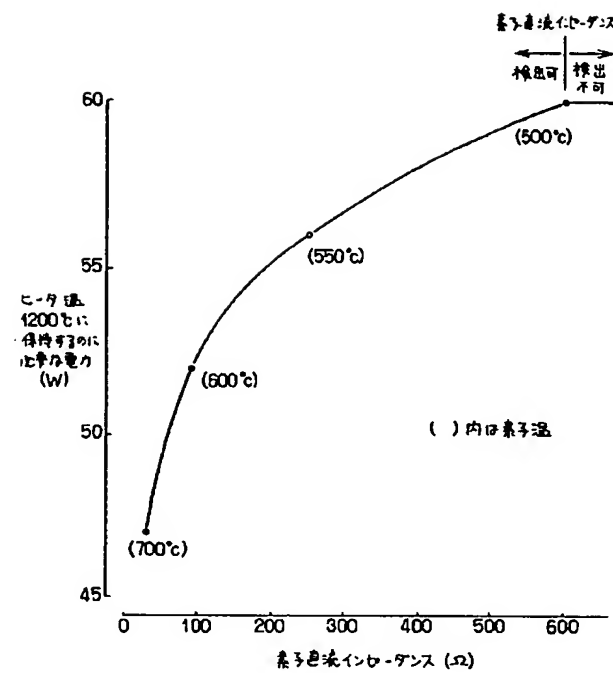
【図44】



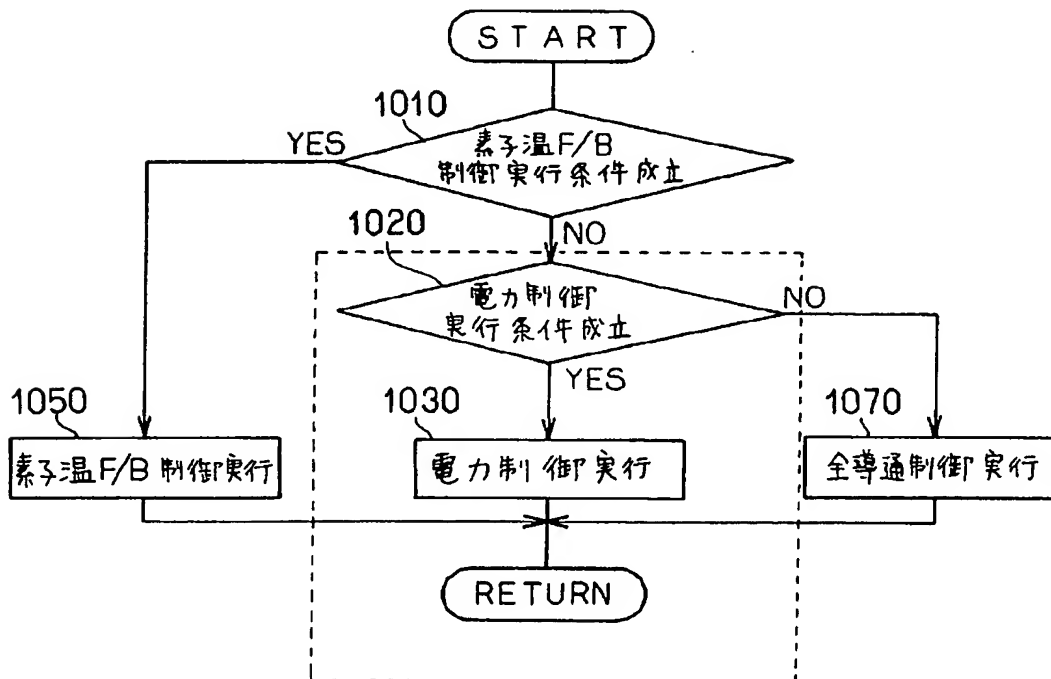
【図22】



【図23】

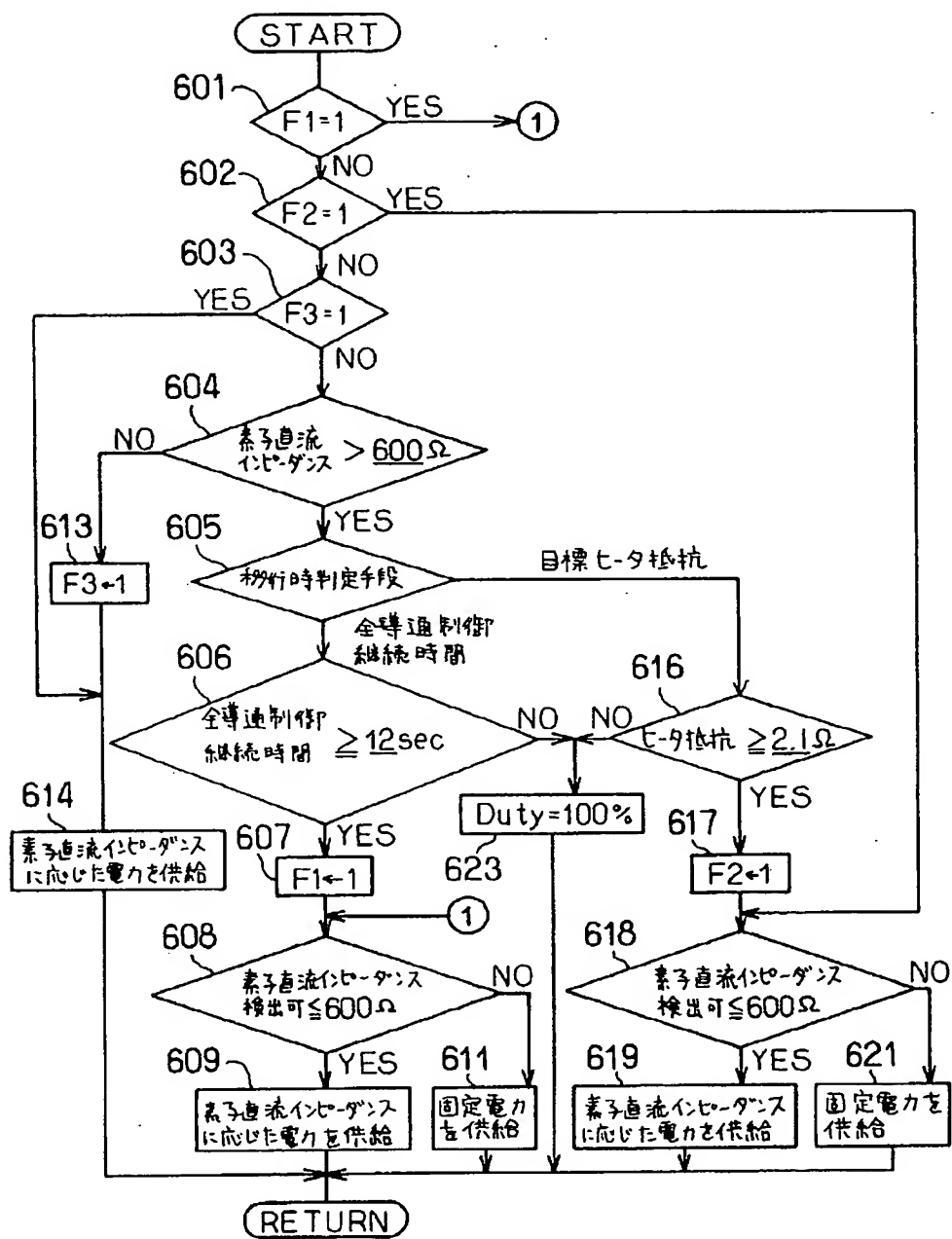


【図24】

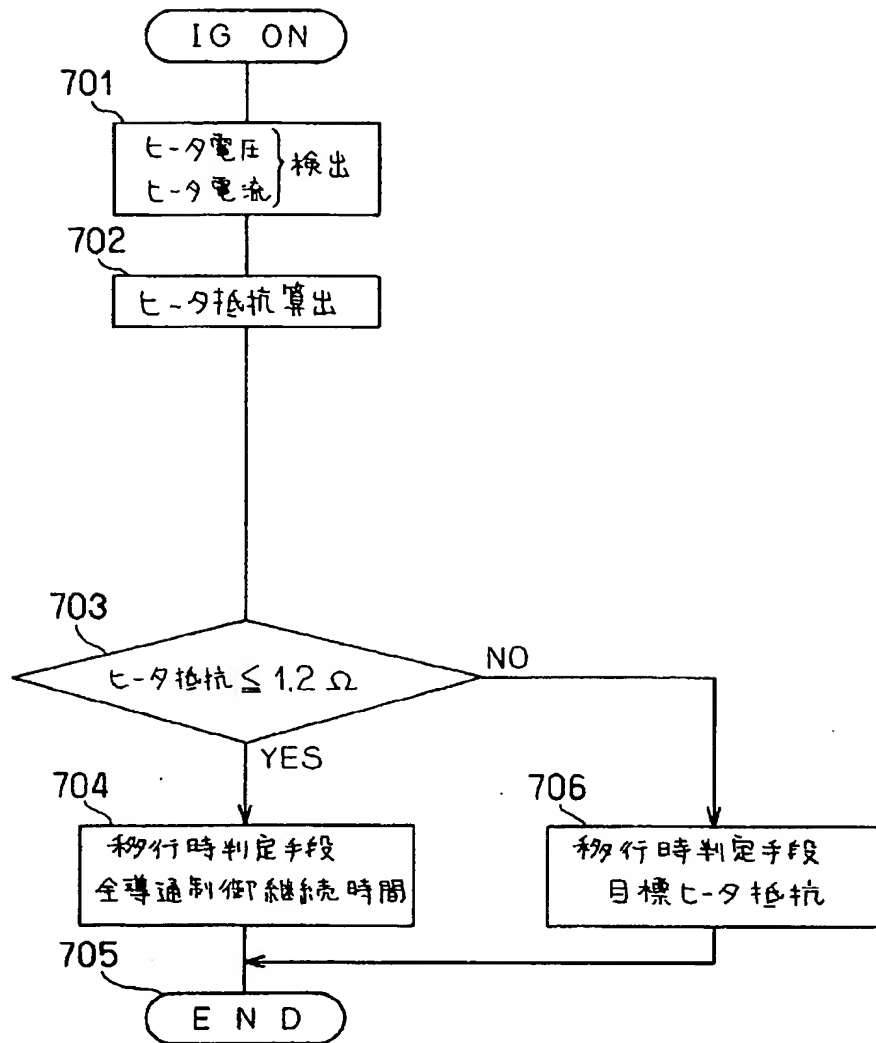




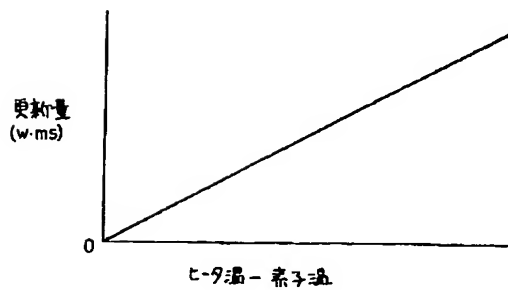
【図25】



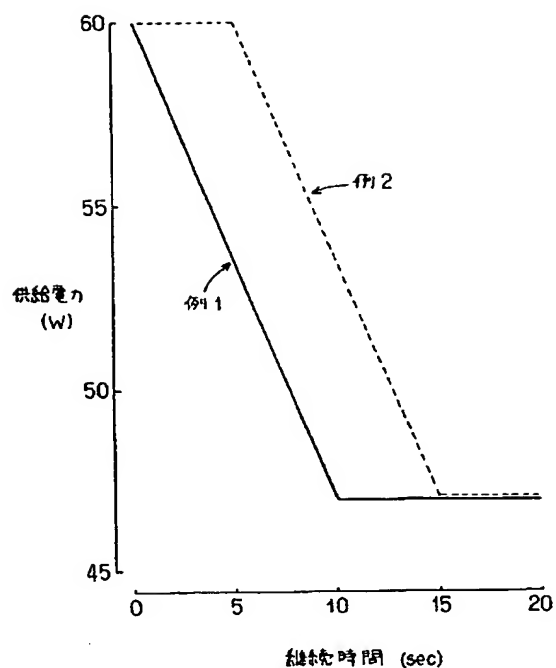
【図26】



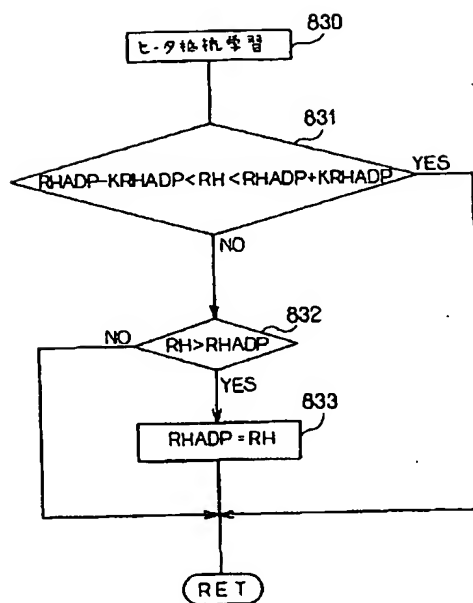
【図45】



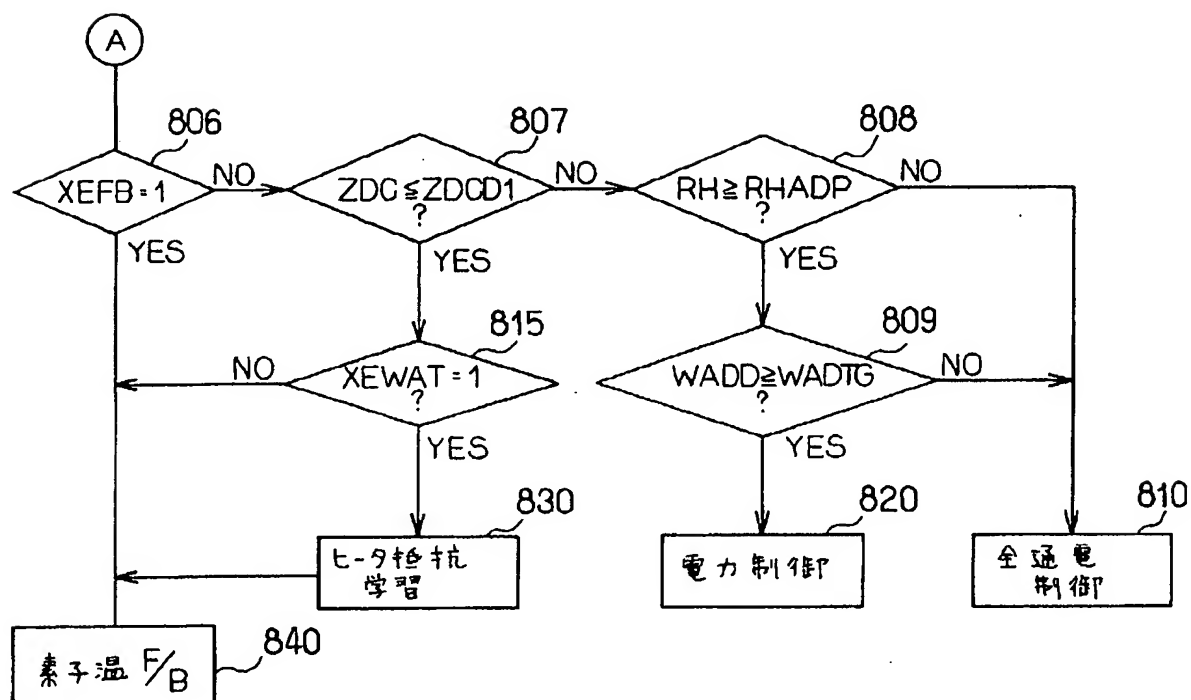
【図 27】



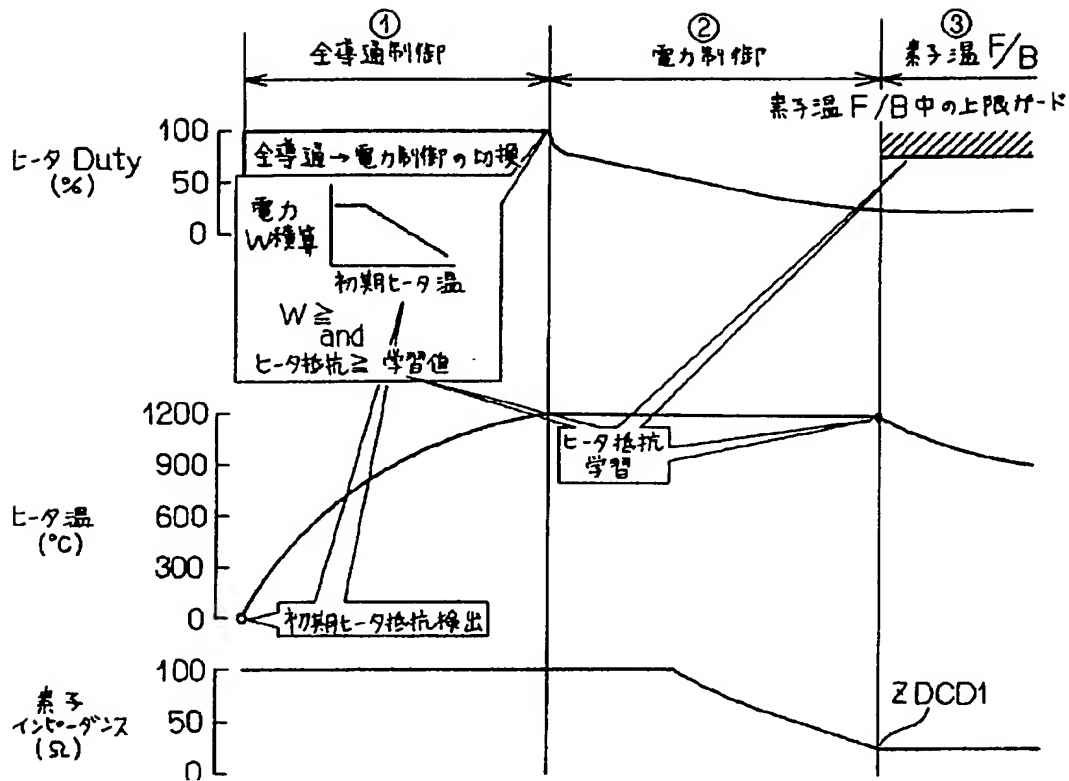
【図 33】



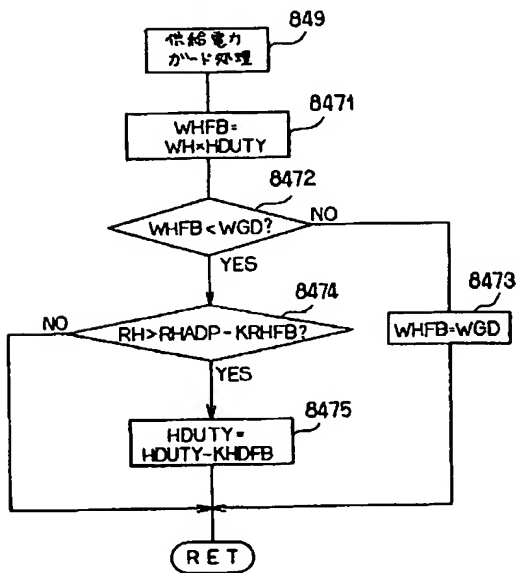
【図 30】



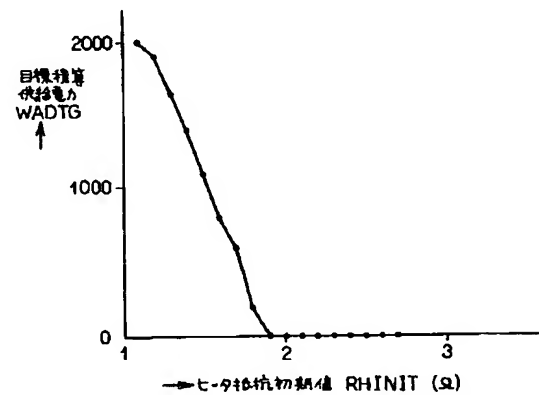
【図28】



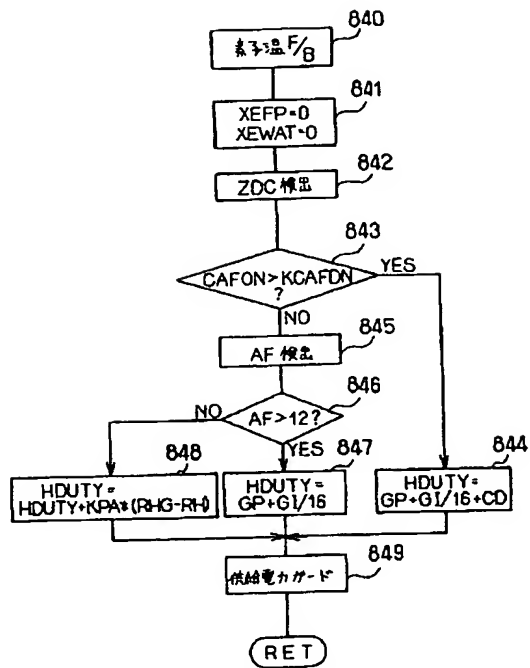
【図35】



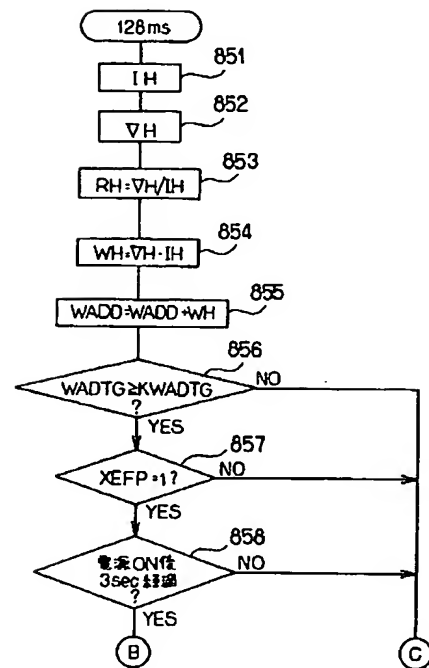
【図37】



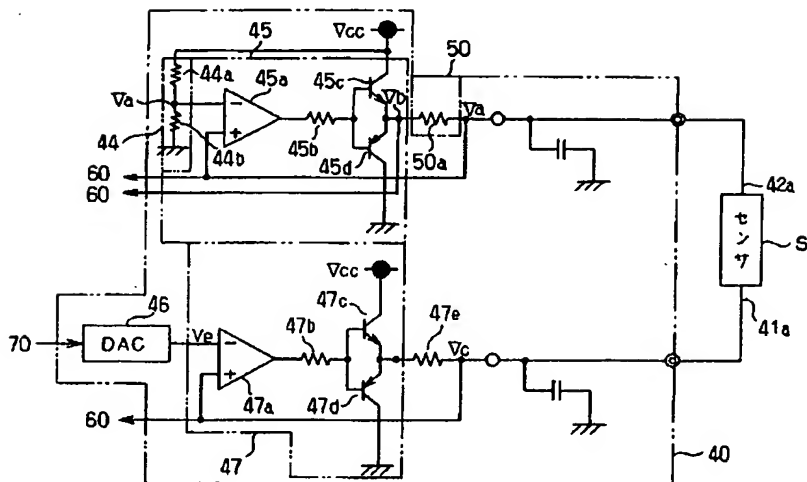
【図34】



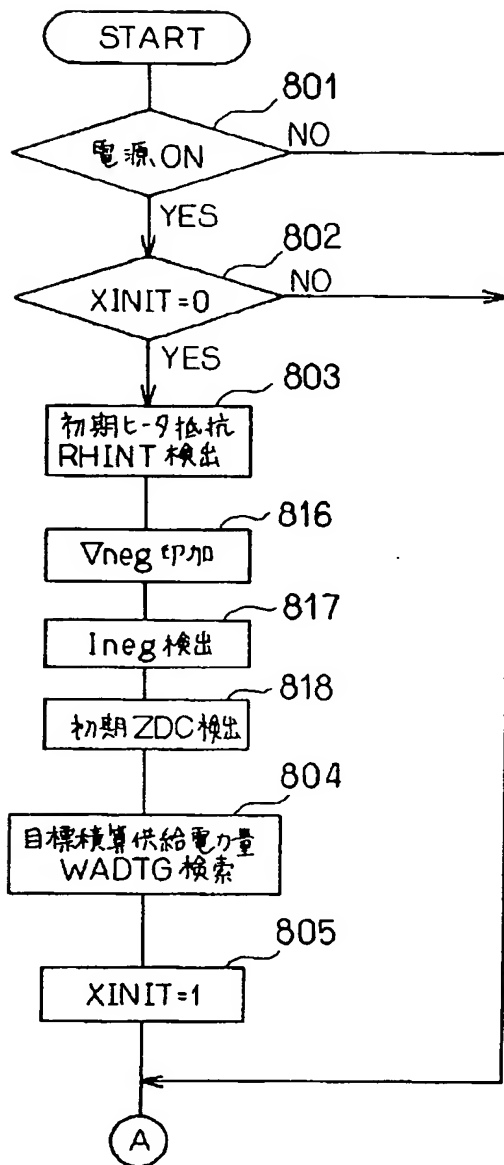
【図41】



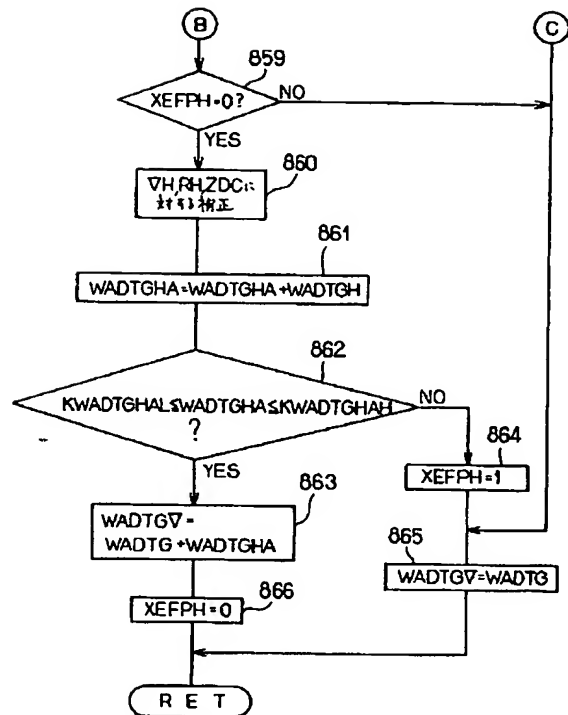
【図38】



【図39】



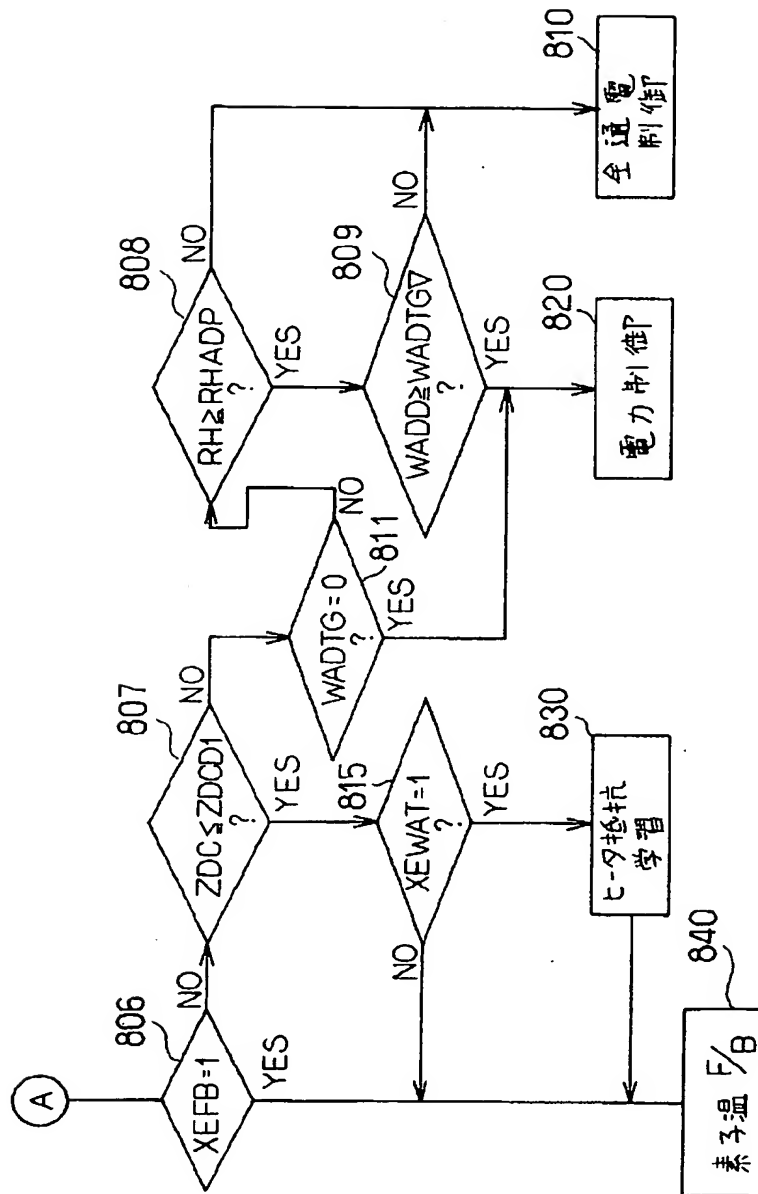
【図42】



【図43】

| ヒータ抵抗<br>検出値 (Ω)<br>/ 目標値 (Ω) | 0.9   | 1.0   | 1.1   | 1.2   | ..... |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 600                           | 大     | ..... | ..... | ..... | 中     |
| 500                           | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 400                           | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 200                           | 中     | ..... | ..... | ..... | 小     |
| 100                           | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 0                             | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |

【図40】



フロントページの続き

(72)発明者 溝口 朝道  
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電  
 装株式会社内

(72)発明者 長谷川 純  
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電  
 装株式会社内

**This Page Blank (uspto)**